



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

### Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

### About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>

Educat

215

02.808



NUEVAS CARTILLAS  
CIENTÍFICAS

NOCIONES  
DE FÍSICA

POR  
EL PROFESOR BALFOUR STEWART



Digitized by Google

Educ T 219.02.608

**HARVARD COLLEGE  
LIBRARY**



**FROM THE LIBRARY OF  
WILLIAM TREGURTHA  
of Malden, Massachusetts**



**The Gift of  
Miss Alma M. Brown  
and  
Mr. & Mrs. George Channing Lawrence**

**April 12, 1922**



3 2044 097 017 958



# NUEVAS CARTILLAS CIENTÍFICAS



## NOCIONES DE FÍSICA

## RECIENTEMENTE PUBLICADAS

### NOCIONES DE FISIOLOGÍA

Esta famosa *Cartilla*, escrita por el célebre médico inglés el DR. M. FOSTER, ha sido completamente reformada y puesta la materia á la altura de los conocimientos científicos de la época ; pero conservando el plan del autor. La nueva edición castellana le fué encomendada al *Dr. Antonio Soler*, y está enriquecida con nuevas materias y grabados nuevos.

### NOCIONES DE BIOLOGÍA

Esta nueva *Cartilla*, de la "nueva ciencia," por el profesor H. W. CONN ; ilustrada con numerosos grabados y traducida por el *Dr. Antonio Soler*, forma un tomo de 176 páginas, uniforme con las demás *Cartillas Científicas* que se están reformando por completo.

### NOCIONES DE ELECTRICIDAD

Por J. MUNRO, autor de varias obras sobre electricidad, versión castellana por *Don Regino Iribas*, telegrafista. Con más de 100 grabados y un vocabulario de los términos más usados en electricidad. Esta *Cartilla* de la ciencia que más adelantos ha hecho en los últimos años y que más aplicaciones tiene, enseña con la necesaria claridad, ilustrándolos con profusión, cuantos descubrimientos se han efectuado hasta el día, y abre ancho campo para el estudio completo de una de las partes más importantes de la Física. Estos conocimientos son hoy día indispensables á todos y de ahí que se crea necesaria la enseñanza de la electricidad en las escuelas y colegios, considerándose ya incompleta toda instrucción que no la enseñe en sus términos más generales y de aplicación práctica.

NUEVAS CARTILLAS CIENTÍFICAS

# 9 NOCIONES DE FÍSICA

POR EL PROFESOR

BALFOUR STEWART

AUTOR DE VARIAS OBRAS DE ENSEÑANZA

*NUEVA EDICIÓN CASTELLANA*

*COMPLETAMENTE REFORMADA*

POR EL PROFESOR

D. VÍCTOR L. Y DE LAS ALAS

INGENIERO AGRÓNOMO

*CON NUMEROSAS ILUSTRACIONES*



NUEVA YORK

D. APPLETON Y CÍA., EDITORES

1902



Educ T 219.02.808  
✓



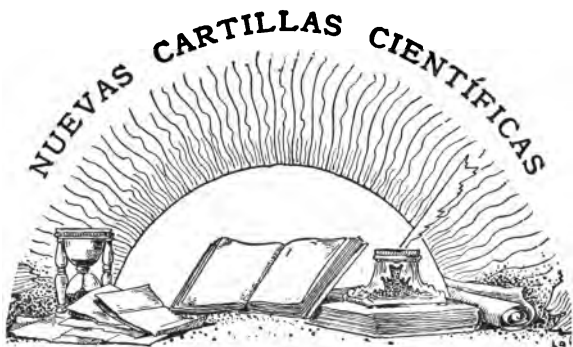
*Library of W. Tregurtha*

COPYRIGHT, 1877, 1901,  
BY D. APPLETON AND COMPANY.

Copyright secured in Great Britain and in all the  
countries subscribing to the Berne Convention.

*Es propiedad garantizada en varios países, y se  
perseguirán las ediciones fraudulentas.*

*Queda hecho el depósito que ordena la ley, para  
la protección de esta obra, en la República  
Mejicana. Méjico, 1901.*



## UTILIDAD, INFLUENCIA Y VENTAJAS DE LOS CONOCIMIENTOS CIENTÍFICOS

---

CIENCIA es el conocimiento cierto de las cosas, es decir, el conocimiento verdadero de las cosas, basado en sus principios y causas fundamentales.

Para mí, las lecciones más valiosas de toda enseñanza, son las que dan á los jóvenes medios para ayudarse á sí mismos, y la ciencia, que es el saber más útil, les da la confianza en su poder para dominar los obstáculos y vencer las dificultades en la lucha de la vida, por la vida, y para la vida.

El problema social es cada vez más complejo y difícil, por lo que hoy día, todos los pensadores serios están de acuerdo en que la instrucción cien-

tífica es el instrumento más poderoso para hacer frente al problema y resolverlo.

La enseñanza ha de comenzar en la cuna; la instrucción científica en la escuela, donde se debe estimular y desarrollar el espíritu de investigación, que coloca á la juventud en el seguro y ancho camino que conduce al conocimiento de la verdad científica.

\* \* \*

Con el objeto de satisfacer las necesidades de la instrucción científica elemental en los países españoles é hispanoamericanos, hace ya buen número de años que los Señores D. Appleton y Compañía comenzaron á publicar vertidas al castellano la serie de *Cartillas Científicas*; que desde el principio han tenido inmensa aceptación, y ésto, no obstante ser meras traducciones más ó menos correctas y en su mayor parte hechas por personas hábiles como traductores; pero ajenas á la enseñanza y sin conocimientos especiales en las diversas materias de que tratan. Sin embargo, tal es la influencia que han ejercido esos pequeños libros en algunos países, que observadores juiciosos han notado como signo bien claro, que allí donde más se han usado esas *Cartillas Científicas*, es donde mayor desarrollo ha tenido el espíritu de todo linaje de empresa y donde la juventud ha desplegado mejores aptitudes para el adelanto.

Hoy, que la Ley Internacional de Propiedad Literaria las pone al abrigo de los *piratas de la in-*

*teligencia*, que se han apropiado como suyas varias de las antiguas *Cartillas*, he querido con vivísimo empeño reformarlas todas, poniendo cada una de ellas en manos de persona, no sólo competente en la materia, sino avezada á enseñarla en la clase. Así salen ahora en lenguaje más correcto y apropiado, con texto completamente rehecho y puesta cada materia á la altura de la ciencia en nuestros días; adaptadas en cuanto es posible á nuestros países, con tipos nuevos y nuevas ilustraciones.

Además, se están vertiendo al español otras varias *Cartillas* enteramente nuevas, y la serie completa formará una biblioteca de ciencia moderna, que abrace todos los conocimientos humanos hasta los últimos adelantos en cada ramo del saber. Biblioteca ó serie de libros manuales, escrita por hombres notables de diversos países, utilísima para la juventud estudiosa y para todos; porque en ella hay siempre algo útil, provechoso y nuevo que aprender.

\* \* \*

*Cartillas ó Nociones*, se llaman, y sin embargo de haber estudiado en obras voluminosas, enseñado y escrito sobre varias de las materias de que tratan durante muchos años, confieso que ahora mismo, al examinar los manuscritos, editar las *Nuevas Cartillas Científicas* y corregir las pruebas, encuentro, para mí, á cada paso, algo nuevo y útil que aprender en esos pequeños libros, verdaderos tesoros del saber, que debieran no sólo ser texto

## 8 NUEVAS CARTILLAS CIENTÍFICAS

en todas las escuelas y lectura predilecta en el hogar doméstico, sino andar también en manos de todo el que desee conocer la razón y el por qué de los fenómenos más comunes de la vida y del mundo, con la explicación más satisfactoria, que es siempre la que da la ciencia.

JUAN GARCÍA PURÓN.

NUEVA YORK, *Septiembre de 1900.*



# NOCIONES DE FÍSICA

---

## I

### INTRODUCCIÓN

**1. Definición de la Física.**—En las *Nociones de Química* se da cuenta de la naturaleza de las cosas que nos rodean, de lo que hace el químico en su laboratorio, y cómo pesa los cuerpos y averigua la cantidad que representan; también descubre el químico que algunos cuerpos son *compuestos* y pueden dividirse en dos ó más, al paso que otros son *simples* ó elementales y no pueden dividirse.

Hay además otras clases ó géneros de cosas que componen el mundo; por lo que es necesario estudiar y aprender algo acerca del *modo de ser de las cosas*, del aspecto que presentan y de los cambios y transformaciones á que están sujetas.

Nosotros mismos estamos sujetos á cambios. Sonreimos á veces y otras nuestro aspecto es austero ó triste; unas veces nos sentimos ágiles y dispuestos, otras débiles ó perezosos, y reflexionando sobre esto se verá que las cosas que nos rodean sufren *cambios en su modo de ser* lo mismo que las personas.

La Naturaleza es hoy brillante y risueña; mañana aparecerá nublada y oscura; cae la lluvia, ruge el trueno y el viento agita el mar tormentoso. Tómese, por ejemplo, una bala de hierro y

se encontrará fría y pesada al tacto, pero póngase al fuego, y se verá que, siendo la misma substancia, al cabo de cierto tiempo el que intente tocarla se quema los dedos; si, en vez de ponerla al fuego se introduce la bala en un cañón y se descarga éste, saldrá con una velocidad tal que destrozará cuanto encuentre á su alcance.

Así vemos que una bala fría es cosa muy distinta de una bala caliente, y que una bala en reposo es diferente de otra en movimiento. Si se interroga á una persona triste y abatida se conocerá cual es la causa que originó sus penas; de igual manera, cuando se notan cambios en los modos de ser ó cualidades de la materia inerte y se inquiere su origen, siempre se hallará que lo tienen. Esas investigaciones de la FÍSICA son las que se harán en las páginas siguientes, debiendo atenderse á las respuestas ó resultados que se alcancen. Esta manera de interrogar á la Naturaleza se llama EXPERIMENTO.

**2. Definición del Movimiento.**—Movimiento significa *cambio de lugar*. Dícese que la tierra, al parecer inmóvil, se mueve rápidamente alrededor del sol; mas prescíndase de esto para el caso, pues aunque la tierra se mueve con velocidad, como arrastra consigo cuanto encierra todo marcha tan uniforme y tranquilamente como si estuviera inmóvil. Una mesa, una silla, por ejemplo, se dice que están en reposo, y si una persona se pasea de un lado á otro en una habitación se dice que está *en movimiento*. Ahora, para comprender este movimiento hay que saber algo más, esto es: la *dirección* ó *línea* en que se mueve esa persona y también la *proporción* ó *velocidad* con que se mueve. Para entender más claramente el significado de la palabra *velocidad*, supóngase que se sale á la calle

y se anda dos ó tres horas por un camino recto, siempre al mismo paso; si al cabo de una hora se ha andado cuatro kilómetros y ocho en dos, puede decirse que se marcha á razón ó con una *velocidad* de cuatro kilómetros por hora.

Pero, ¿qué se diría si la proporción no fuera siempre la misma? Supóngase que un tren de ferrocarril se acercara á una estación y empezara á aflojar su marcha: el tren andaba desde su partida á razón de 40 kilómetros por hora, pero va disminuyendo gradualmente de velocidad hasta que al llegar á una estación, se para. En este caso, ¿cómo se puede averiguar la velocidad, cuando ésta siempre está cambiando? ó ¿qué se quiere expresar cuando se dice que el tren, antes de aflojar su marcha se movía en proporción de 40 kilómetros por hora? Sencillamente, que si se hubiera dejado al tren andar una hora entera en la misma proporción en que lo hizo al partir ó antes de aflojar su marcha, se hubiera movido á razón de 40 kilómetros: en efecto; si en vez de detenerse hubiera continuado su camino, una hora, después hubiéramos podido encontrarlo á 40 kilómetros de distancia.

Hay diversas maneras de expresar la velocidad; por kilómetros y metros ó por horas, minutos y segundos. Así si se deja caer una piedra desde cierta altura se dice que recorre 4.9 (ó  $4\frac{9}{10}$ ) metros en el primer segundo; sábese que sesenta segundos hacen un minuto y sesenta minutos una hora.

En este librito, al hablar de velocidad se emplearán metros y segundos más frecuentemente que kilómetros y horas, de modo que se dirá, según los casos, que un cuerpo se mueve á razón de diez, veinte ó treinta metros por segundo.



**3. Definición de la Fuerza.**—Aquéllo que pone en movimiento lo que antes estaba en reposo ¿qué es? ¿De qué manera puede definirse lo que produce el reposo en un cuerpo que antes estaba en movimiento? Puede definirse por la FUERZA. Fuerza es lo que pone un cuerpo en movimiento y fuerza es también lo que es causa de reposo en el mismo. Si se da impulso á una bola con la mano, puede hacérsela rodar y después con la mano, puede detenérsela también; mas un cuerpo muy macizo ó pesado como un tren, necesita una gran fuerza para moverse y otra gran fuerza para pararse, porque todo cuerpo que requiera gran fuerza para ponerse en movimiento requiere también gran fuerza para volver al reposo. Lo que es fácil de impulsar es fácil de contener y, por el contrario, lo difícil de impulsar es difícil de contener, por lo que se vé que la fuerza actúa no sólo cuando pone un cuerpo en movimiento sino también cuando lo para ó disminuye su velocidad. Fuerza es, pues: LO QUE HACE CAMBIAR UN CUERPO DEL ESTADO DE REPOSO AL DE MOVIMIENTO, Ó VICEVERSA.

**EXPERIMENTO 1º.**—Para probarlo pónganse unos cuantos frijoles en un jarro de hojadelata y sosténgase el jarro con una mano; ahora levántese de pronto el jarro con movimiento brusco, hasta que se detenga ó sea detenido en una barra de madera previamente fijada al alcance de la mano poco más ó menos. Lo que se ha hecho es levantar rápidamente el jarro con la mano y pararlo de pronto. Primero con la fuerza del brazo se ha dado un movimiento al jarro, de abajo arriba, forzándose los frijoles á subir con él, pues claro es que no podían quedarse atrás. Entonces, cuando el brazo subía con el jarro lo detuvo ino-

pinadamente la barra, y el brazo á su vez forzó al jarro á detenerse : pero esa fuerza paralizante no afecta á los fríjoles que hay sueltos en el fondo

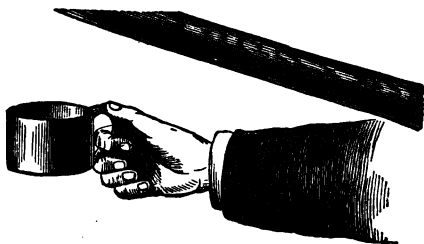


FIG. 1.

del jarro, que continúan moviéndose hacia arriba después de contenido éste, y muchos de ellos saltan por encima del borde, desparramándose por el suelo.

EXPERIMENTO 2º.—Pónganse ahora algunos fríjoles más para substituir en el jarro los que cayeron y en vez de impulsar el brazo hacia arriba, bájese tan rápidamente como se pueda : en este caso la fuerza del brazo hace que el jarro baje con mucha rapidez, pero no afecta á los fríjoles sueltos en el fondo y el resultado es que no siguen el movimiento veloz del jarro, sino que se quedan atrás y acaban por desparramarse asimismo por el suelo.

De estos experimentos se desprende que, en el primer caso, una vez puestos en movimiento los fríjoles, aun después de detenido el jarro, continúan MOVIÉNDOSE hacia arriba, pues la fuerza paralizante no los afecta ; requieren fuerza para contener su movimiento ascendente y como la barra de madera no podía suministrar la que hu-

biera sido adecuada á este objeto, continuaron subiendo hasta que, fuera ya del jarro, la fuerza de la tierra concluyó por atraerlos al suelo. Obsérvese, pues, que **SE NECESITA FUERZA PARA DETENER UN CUERPO EN MOVIMIENTO.**

En el segundo experimento, por el contrario, se imprime al jarro un movimiento hacia abajo, pero la fuerza del brazo no afecta en nada á los frijoles, que, por lo tanto, se quedan atrasados en el movimiento y se salen del jarro para caer atraídos por la tierra. Por consiguiente se vé que **SE NECESITA fuerza para mover un cuerpo en reposo.**

Así, pues, la fuerza puede hacer dos cosas; detener un cuerpo en movimiento ó poner en movimiento un cuerpo en reposo. Pero existen fuerzas que, aun actuando constantemente no producen movimiento ni lo modifican y esto consiste en que hay otras fuerzas que se oponen á ello. Por ejemplo; tómese un cuerpo pesado; si se le suelta, la fuerza de la tierra lo atraerá, pero mientras se sostenga el peso esa fuerza de atracción de la tierra estará contenida por la fuerza de retención de la mano. Mas supóngase que el mismo peso está sobre la mesa; si no hubiera mesa el peso hubiera caído al suelo; pero la fuerza de la tierra, que le da una tendencia á caer, queda anulada por la mesa: el peso hace presión sobre la mesa, pero ésta resiste la presión. De modo que existen dos fuerzas que se oponen una á otra; una que es el peso; otra que es la fuerza de resistencia de la mesa.

De todo esto se deduce que *fuerza* es lo que cambia el estado de reposo ó movimiento de un cuerpo y si no produce ese efecto es porque existe otra fuerza que la contrarresta.

## II

## FUERZAS PRINCIPALES DE LA NATURALEZA

4. **Definición de la Gravedad.**—Ya se ha dicho cual es el significado de la palabra “fuerza”; ahora obsérvese á nuestro alrededor para saber cuáles son las principales fuerzas que se han de estudiar, qué papel representa cada una de ellas y cuál es su efecto. La fuerza más prominente es la atracción de la tierra; si se deja caer un objeto ya se sabe donde buscarlo, puesto que no subirá hacia arriba ni se moverá á los lados en dirección alguna sino que caerá al suelo ó á tierra; dicese que cae hacia abajo; y las palabras *arriba* y *abajo* corresponden exactamente á la acción de la fuerza terrestre; de modo que, si la tierra no tuviera fuerza, no se emplearían esas palabras. La palabra “arriba” denota un movimiento difícil contra la fuerza de la tierra; la palabra “abajo” denota un movimiento espontáneo y natural, determinado por la fuerza atractiva de la tierra. Es difícil trepar por una colina ó ir hacia *arriba*; pero es muy fácil descender de alto *abajo*.

Así, cuando se dice que la tierra atrae cosas, no se quiere decir que todas, ó casi todas las cosas se mueven hacia la tierra ó caen. Una persona no cae, porque la sostiene el pavimento; sin él caería á tierra, por lo que tiene que ser lo bastante fuerte para sostener el peso de aquélla. Á veces se agrupan tantas personas sobre un pavimento ó plataforma inseguros, que los hacen ceder y caen, resultando heridas ó muertas varias de ellas.

Se ve pues que la tierra lo atrae todo y sin

embargo, muchas de las cosas que se ven, no se mueven hacia la tierra, proque las contiene alguna fuerza capaz de resistir su peso. Esa propiedad de las cosas, que se llamo "peso," se debe á la atracción de la tierra sobre los cuerpos próximos á ella; y cuando se refiere á la que los astros ejercen entre sí, recibe el nombre de *gravitación*.

5. **Definición de la Cohesión.**—Pero además de esa fuerza que la tierra ejerce hay otras. Si se toma un trozo de cordel ó de alambre y se trata de romperlo en dos partes, se encuentra una resistencia que impide lograrlo; y sólo cuando es mayor la fuerza empleada que la que resiste es cuando se consigue romper el alambre ó cordel. Esto es debido á que las diferentes partes ó partículas del cordel ó del alambre se mantienen juntas ó adheridas por una fuerza que impide separarlas con facilidad; y así son las varias partes ó partículas de todo cuerpo sólido, como la madera, la piedra, los metales, etc. Esa fuerza que liga las varias partículas de un cuerpo ó substancia impidiendo doblarla, romperla, pulverizarla y en general cambiar su forma ó tamaño en cualquier sentido, se llama COHESIÓN.

Veamos ahora la diferencia que hay entre "gravedad" y "cohesión." Gravedad es aquella fuerza que la tierra ejerce para atraer hacia sí los cuerpos, y que actúa ó se ejerce á gran distancia. Cohesión es la fuerza que las partículas integrantes de un cuerpo ejercen unas sobre otras para mantenerse unidas, pero esa fuerza no actúa sino cuando las partículas están muy cerca unas de otras, pues si se rompe un cuerpo ó se reduce á polvo, aquéllas no pueden volver á reunirse con facilidad.

6. **Definición de la Atracción química.**—Además de esas dos fuerzas hay otra, que se llama

FUERZA DE ATRACCIÓN química ó afinidad. En la Química de este curso se dice que el carbono y el gas oxígeno se juntan químicamente, y que el resultado de la unión es el gas ácido carbónico: el carbono y el oxígeno se unen impulsados por una fuerza que ejercen uno sobre otro de un modo parecido á la que ejerce la tierra sobre los cuerpos. En virtud de esa fuerza se apresuran á unirse y el resultado es algo que difiere completamente de uno y otro, y es lo que se llama atracción química y tiene la peculiaridad de ejercerse sólo entre cuerpos diferentes, porque en química sólo cuerpos de diferente especie son los que se precipitan uno hacia otro y se unen de este modo.

7. **Uso de esas Fuerzas.**—Habiendo hablado ya de las fuerzas principales de la Naturaleza debe averiguarse qué clase de papel representan y por qué existen y se verá que, sin ellas la vida sería imposible. Empiécese por suponer que no existiera esa fuerza ó gravedad, y que la tierra no atrajera hacia sí las cosas. Cuando trepamos por una áspera colina nos gustaría subir con la misma facilidad con que la bajamos, pero en cambio; cuán terrible sería el que fuese posible el suprimir la gravedad! No existiendo es claro que no habría peso ó pesantez y se subiría con harta facilidad; pero en este caso si una persona se lanzara al aire se quedaría en él y acaso abandonaría la tierra. No habiendo gravedad ni pesantez, los muebles de las casas se hallarían unos tocando al suelo, otros en el techo, otros flotando por el aire y los moradores podrían pasearse tan cómodamente por el techo como por el pavimento; y si no existiese la gravitación no podríamos contar con el sol, la luna ni las estrellas, pues cada uno de estos astros, libre de la fuerza

de atracción de la tierra, vagaría por el espacio á distancias en que su luz no podría alcanzarnos.

Como ya se ha dicho lo bastante con respecto á la gravedad, veamos ahora lo que acontecería si no hubiera cohesión; de faltar esa fuerza las partículas de los cuerpos sólidos no seguirían adheridas unas á otras sino que se separarían en distintas direcciones; la madera de las mesas y sillas se haría polvo, así como los ladrillos de los edificios, y no tendríamos muebles ni casa; y como lo mismo sucedería á todos los seres vivientes, de aquí que la existencia sería imposible.

Si no hubiera afinidad, el fuego dejaría de ser, porque el carbono del carbón dejaría de unirse con el oxígeno del aire; dos cuerpos simples ó elementales no se unirían ya para formar una substancia compuesta sino que tendríamos que contentarnos con los 75 cuerpos elementales ó simples, que es el número reconocido por la ciencia hasta fines del siglo XIX, y de los cuales muchos son metales y un corto número, gases. En un mundo semejante no habría variedad y tampoco habría seres vivientes, porque éstos son compuestos químicos, y si se destruyera la afinidad química parte de ellos subirían al aire á mezclarse con él, al paso que la parte compuesta de carbono, de un poco de fósforo y de uno ó dos metales caería al suelo y así dejarían de ser.

### III

#### LA GRAVEDAD

**8. Centro de Gravedad.**—EXPERIMENTO 3°.—Indáguese ahora qué clase de fuerza es la grave-

dad. Á este fin tómese una lámina irregular de hierro (Fig. 2) cuélguese de un hilo y señálese con tiza en su superficie una línea que esté en la misma dirección del hilo ; suspéndase después la

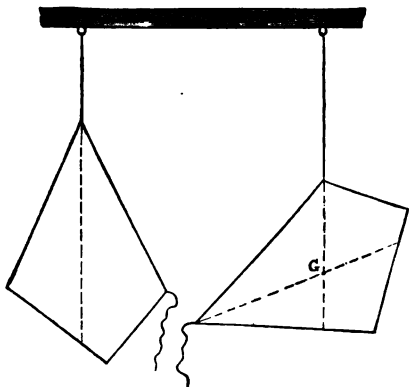


FIG. 2.

misma lámina por otro punto distinto y señálese, como antes, sobre ella la prolongación del hilo y se tendrá que las dos líneas se cortan en el punto marcado *G*.

Cuélguese ahora la lámina por un tercer punto de su borde, hágase la misma operación de trazar una línea como prolongación del hilo y se observará que lo mismo que antes esta tercera línea corta las dos anteriores en el mismo punto *G* y de aquí puede deducirse, y probarse si se quiere, que cualquiera que sea el punto por donde se suspenda la lámina, todas las líneas que se tracén como continuación del hilo se cortarán en el mismo *G*, y que si se ladea la lámina, al soltar-



la volverá á su primitiva posición. Ahora bien; ¿qué es ese punto peculiar  $G$ ? Para saberlo no hay mas que fijar un hilo en  $G$  y colgar de él la lámina y se verá que ésta balancea alrededor de  $G$  en todas direcciones, exactamente lo mismo que si allí se hubiera condensado su peso todo.

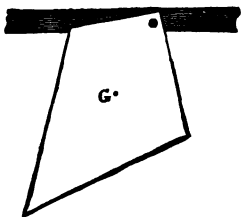


FIG. 3.

Pues ese punto  $G$  es lo que se llama el CENTRO DE GRAVEDAD de la lámina; si se cuelga ésta por cualquier punto adoptará tal posición, que su centro de gravedad estará tan bajo como sea posible. Si en vez de colgar la lámina de un hilo se suspende de una clavija, de modo que quede floja, tra-

tará de colocar el punto  $G$  lo más bajo que pueda, y concluirá por quedar fija, y no fluctuará como en la Fig. 3.

**9. La Balanza.**—Cada cuerpo tiene un punto  $G$  de esa especie, que se llama su *centro de gravedad*. La balanza del párrafo 24, tiene, como cualquier otro cuerpo, su punto  $G$ —su *centro de gravedad*; y lo mismo que la lámina de hierro de la Fig. 2, procura colocar ese punto lo más bajo que le sea posible.

Ahora bien, si se colocan en los platillos pesas iguales, toman aquéllos por sí mismos la posición de equilibrio, y el punto  $G$  se halla precisamente debajo del punto de apoyo de la cruz; si se desvían con la mano los platillos de esa posición de equilibrio, vuelven á ella por sí mismos, después de varias oscilaciones. En efecto, cuando hay pesas iguales en ambos platillos, la cruz se mantiene horizontal, correspondiendo la aguja, llama-

da *fiel*, al centro del pequeño arco graduado. De suerte que, para pesar alguna substancia, se pone en uno de los platillos, y en el otro pesas, hasta que el *fiel* corresponda exactamente con el centro del arco; se sabe entonces que las pesas representan el peso cabal de la substancia porque, si fuesen demasiado pesadas ó demasiado ligeras, la cruz se inclinaría del lado del peso superior.

EXPERIMENTO 4°.—Supóngase que se coloca un pedazo de metal en uno de los platillos, y en el otro pesas hasta 150 gramos; si el platillo que contiene el metal bajase, probará que éste es más pesado que las pesas. Pónganse ahora 250 gramos en el platillo de las pesas y se verá que baja, al paso que antes fué el otro el que bajó: de modo que el peso del metal se halla entre 150 y 250 gramos. Ensáyese una pesa de 200 gramos y se verá cómo el *fiel* corresponde exactamente al centro del arco, y la cruz se mantiene horizontal, demostrándose así que el peso del metal es de 200 gramos justos.

#### IV

##### LOS TRES ESTADOS DE LA MATERIA

10. Se ha visto que sin las varias fuerzas de la Naturaleza no se podría vivir; y que si una partícula de materia no fuese solicitada, ó mejor, atraída por otra no habría mundo: se sabe también que si no hubiese cohesión no habría mas que polvo. Pero hay que advertir que, si por el contrario, cada cuerpo tuviera una fuerza ilimitada de cohesión, las consecuencias serían tan fatales como en los casos precedentes porque en-

tonces no existirían líquidos, gases, agua ni aire. Las partículas de una barra de hierro ó acero poseen grandísima cohesión y es difícilísimo forzarlas á separarse, pero el agua y el mercurio, por ejemplo, casi no la tienen y el más ligero contacto basta para derramar por el suelo una cantidad de estos cuerpos. Sin embargo, ambos tienen cierta cohesión, como se verá por los siguientes experimentos.

**EXPERIMENTO 5°.**—Tómese una cantidad muy pequeña de mercurio y colóquese en la superficie lisa de un trozo de vidrio; si se ejerce una presión sobre el mercurio éste se dividirá en glóbulos, lo que probará que las partículas de mercurio se adhieren entre sí. Póngase otra superficie de vidrio sobre la primera y se podrán aplastar las partículas, que volverán á su forma globular en cuanto se levante el cristal.

**EXPERIMENTO 6°.**—Viértanse unas gotas de agua sobre una superficie aceitosa ó grasienta y se observará que tienen una forma redondeada, no distinta de los glóbulos de mercurio, con lo cual se ve que las partículas se adhieren unas á otras. Por el contrario, las partículas de los gases, como el aire que se respira, no tienen propensión á mantenerse unidas, pero siempre hay una fuerza que les impide separarse más.

De modo que existen tres estados muy diferentes en la materia; el sólido, el líquido y el gaseoso, y cada uno de estos estados tiene ciertas propiedades que sirven para distinguirlo.

**II. Definición de los Sólidos.**—Un cuerpo sólido, tal como un pedazo de hierro ó de madera, resiste cualquiera tentativa que se haga para alterar su forma ó su tamaño, conservando siempre el mismo tamaño ó volumen y la misma forma, á menos que lo destruyan con violencia.

**12. Definición de los Líquidos.**—Los líquidos, por motivo de su pequeñísima cohesión, toman fácilmente la forma de las vasijas en que se vierten, y mantienen siempre nivelada su superficie; pero son poco compresibles, es decir, que apenas se puede reducir su volumen por la presión. Así, pues, es de todo punto imposible hacer que un litro de agua quepa en un recipiente de medio litro.

**13. Definición de los Gases.**—Los gases no tienen superficie, pues, en virtud de su fuerza expansiva ó tendencia á tomar siempre un volumen mayor, llenan por completo las vasijas en que se introducen. Á diferencia de los líquidos, los gases son muy compresibles; y á una cantidad de gas contenida en una vasija de un litro, fácil sería reducirle su volumen, por compresión, de modo que cupiese en medio litro, ó en menor espacio aún, mediante una fuerza suficiente. En una palabra, los gases son compresibles, y los líquidos no lo son.

## V

### PROPIEDADES DE LOS SÓLIDOS

**14.** Lo que distingue principalmente á un sólido es que se mantiene no sólo en espacio determinado, sino con determinada forma.

**EXPERIMENTO 7°.**—La Fig. 4 en su parte superior representa dos vasijas de diferente forma pero de la misma capacidad. Si se llena una de agua y se vierte en la otra se verá que esta segunda contiene el líquido exactamente.

En la parte inferior de la figura se ven dos

pedazos de madera de la MISMA FORMA, pero de DIFERENTE TAMAÑO. Ya se sabe lo que se entiende por forma y lo que es espacio, tamaño ó



FIG. 4.

volumén (estas tres palabras significan la misma cosa). Pues bien, si se toma un cuerpo sólido que tenga la forma de una de las botellas es imposible forzar á este cuerpo á que penetre dentro del otro, aunque sea del mismo tamaño ó volumen, como tampoco se puede introducir un sólido del tamaño ó volumen del primer pedazo

de madera en el del segundo, aunque la forma de ambos es la misma.

Los siguientes experimentos darán mejor idea de lo ya dicho.

EXPERIMENTO 8º.—Tómese una barra de hierro y trátase de romperla en pedazos dándole un golpe, pero la barra no se romperá; después pro-

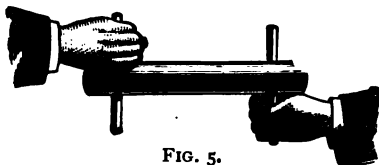


FIG. 5.

cúrese estirla colgándola firmemente por una punta y aplicando á la otra un gran peso, pero la barra no aumentará de longitud; ahora por medio

de dos varillas que se ajustarán en cada una de sus extremidades inténtese torcerla por una de ellas, mientras se mantiene fija la otra extremidad; la barra no cederá tampoco: póngase verticalmente sobre una mesa y colóquese sobre la otra punta de la barra un peso grande con objeto de oprimirla ó aplastarla, pero ésta conservará su rigidez: por último suspéndase horizontalmente por ambas extremidades y fíjese en su centro un peso y se verá que la barra no se deja encorvar.

Pues bien, esa barra de hierro que no se puede romper de un golpe, ni estirar, ni torcer, ni aplastar, ni encorvar es un excelente ejemplo de un cuerpo sólido; si se le aplica una fuerza excesivamente grande la barra puede romperse, estirarse, torcerse, aplastarse ó encorvarse. En realidad en el experimento que acaba de verse se ha estirado, torcido, aplastado y encorvado la barra, pero no lo bastante para hacerlo visible, lo cual depende de que el efecto producido está en relación con la fuerza que se emplea. El objeto de la Física es descubrir esta relación. Vamos á examinarla brevemente por medio de un sencillo experimento.

**15. Curvatura. — EXPERIMENTO 9º.**—Sosténgase horizontalmente por sus dos extremos una barra de madera y suspéndase de su centro un gran peso; enseguida mídase en una escala la curva producida en la barra por el peso; duplíquese el peso que pende del centro, anótese la nueva posición del centro de la barra bajo el aumento del peso y se hallará que con el

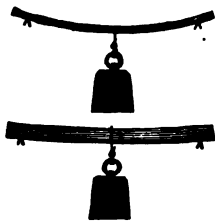


FIG. 6.

doble peso el centro de la barra ha bajado casi el doble más de lo que bajó con uno solo; ó en otros términos: LA ENCORVADURA Ó CURVATURA ES CASI PROPORCIONAL AL PESO APLICADO.

EXPERIMENTO 10°.—Tómese ahora el mismo trozo de madera, póngase de canto de modo que tenga un gran espesor más bien que una gran superficie plana, aplíquese la misma fuerza que antes y se verá que no se encorva tanto.

16. **Resistencia de los Materiales.**—Si un arquitecto ó un ingeniero hubiera de usar grandes maderos en la construcción de un edificio, sería más ventajoso que los colocara de modo que el espesor de los mismos fuera el mayor posible, para lograr que de este modo cedieran con menor facilidad á un gran peso. Un arquitecto ó ingeniero, por lo tanto, debe conocer todo lo relativo á la resistencia de las cosas, para usar de ellas del mejor modo á fin de economizar materiales en las construcciones. Otra cosa que deberá tener presente es el dar á éstas una resistencia cinco ó seis veces mayor que la necesaria para soportar el peso más grande que se le pudiera poner. Porque á veces puede pasar que un plano resista un peso enorme sin romperse, pero encorvándose de tal modo que al quitar el peso sea imposible volverlo á su primitivo estado horizontal, en cuyo caso cada vez que se le haga sostener un peso se irá encorvando más y más hasta que al fin ceda. De modo que el arquitecto ó ingeniero deben tener en cuenta que los materiales de construcción no se encorven más allá de los LÍMITES DE PERFECTA ELASTICIDAD.

17. **Frotación ó roce.**—Antes de entrar en nueva materia hay que decir algunas palabras acerca de la frotación ó roce. Si se pone sobre un plano de madera un peso enorme se requerirá también

una fuerza enorme para moverlo, pero si el plano en lugar de ser de madera es de mármol, bastará una fuerza menor para hacerlo deslizar por su superficie, y si el plano es de hielo aun se necesitará una fuerza más pequeña para mover el peso. Se llama, pues, frotación ó roce la fuerza que dificulta el que un peso se deslice por una superficie. La falta de roce ocasionaría tanto trastorno como la falta de las otras fuerzas, pues todo resbalaría ó se deslizaría de continuo y en un pequeño declive todos los objetos irían á parar á distancias inconmensurables.

## VI

### PROPIEDADES DE LOS LÍQUIDOS

**18. Los líquidos conservan su volumen.**—En un líquido tal como el agua se pueden mover y remover muy fácilmente sus partículas, pero no se puede forzar una cantidad de agua á ocupar una capacidad menor de la que requiere su volumen: es imposible lograr que un litro de agua quepa en medio litro.

**EXPERIMENTO 11°.**—Sin embargo trátase de conseguirlo para ver el resultado que se obtiene. Póngase una cantidad de agua en un recipiente cerrado herméticamente y provisto de un émbolo de pistón y procúrese bajar éste para reducir el agua á menor volumen, pero se verá que á pesar de todo el esfuerzo que en ello se emplee es imposible.

**19. Presión de los líquidos.**—**EXPERIMENTO 12°.**—Hágase contener una cantidad de agua en un recipiente que tenga dos pistones. Si se hace



bajar uno de ellos se verá que el otro sube y si se pone sobre uno de ellos un peso determinado y otro igual en el émbolo, que darán ambos compensados y ninguno de los dos se moverá.

**EXPERIMENTO 13°.**—En el último experimento los émbolos eran verticales como los de la Fig. 7; pero ahora se tiene uno vertical y otro horizontal

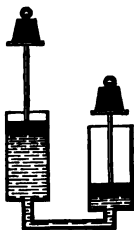


FIG. 7.

y se aplica á éste un peso de 5 kilogramos. Si se coloca otro peso igual sobre el émbolo vertical se equilibrará el primero, pero si se ponen 6 kilogramos sobre el émbolo vertical, se empujará el horizontal; y si se aplican los 6 kilogramos al horizontal, se levantará el vertical. Así es como por medio del agua se puede convertir el empuje hacia abajo de 5 kilogramos de peso puestos sobre un émbolo vertical, en un empuje

horizontal y hacia fuera, contra el otro. Y así se ve que un líquido, tal como el agua, comunica presión en todas direcciones. Este fenómeno fué descubierto por Pascal.

**EXPERIMENTO 14°.**—En este experimento hay dos émbolos verticales; pero la superficie del uno es doble de la del otro. Poniendo ahora un peso de 5 kilogramos en el émbolo menor, ya no estará equilibrado por los 5 kilogramos del pistón mayor, y será preciso poner 10 kilogramos en el mayor para contrarrestar los cinco del menor. De igual modo, si el pistón mayor tiene tres veces el área ó la superficie del menor, se verá que 10 kilogramos en éste equilibrarán treinta en el otro. No sólo, pues, comunica la presión hacia abajo de un émbolo, una presión hacia arriba en el otro, sino que toda la presión superficial es proporcional á la

superficie del émbolo; de modo que si uno tiene tres veces la superficie del otro, será impelido hacia arriba con una presión tres veces mayor, y así sucesivamente.

20. **Prensa de agua ó hidráulica.**—De esa valiosa propiedad del agua se ha hecho uso en la construcción de una potente máquina, llamada Prensa de Bramah, del nombre de su inventor, y de la que más abajo se da un grabado. En él se ven un par de pacas de lana, que se trata de comprimir ó aplastar tanto como sea posible, con objeto de que ocupen poco espacio cuando se

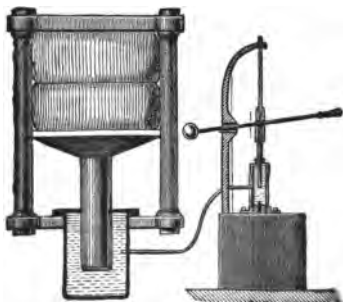


FIG. 8.

lleven de un lugar ó país á otro. Vense también dos émbolos—uno grande y otro pequeño—el mayor de los cuales tiene cien veces el área ó superficie del pequeño. Pues si ahora se coloca una tonelada sobre el pistón pequeño, hay que poner un peso mucho mayor sobre el grande para mantenerlo bajo, porque este émbolo tiene cien veces el área del pequeño. Obsérvese, por tanto, que hay que poner cien toneladas sobre el émbolo

grande, con objeto de equilibrar la tonelada del pequeño, de modo que el primero se levantará con la enorme fuerza de cien toneladas, y con ella oprimirá las dos pacas de lana, que, por tanto, se comprimirán muchísimo. Es necesario, por lo tanto, que en una máquina de esa especie sean muy fuertes y firmes todas y cada una de sus partes, pues de otro modo las reventaría el agua y saldría con fuerza inmensa.

21. **Los líquidos buscan su nivel.**—Los líquidos tienen la propiedad de buscar su nivel. Desde luego se comprende que su superficie no puede ser oblicua, porque entonces no existiendo rozamiento entre las moléculas del líquido, la parte superior resbalaría hacia la inferior. Un geómetra diría que si se suspende una plomada sobre una superficie de agua caerá perpendicular á ella: con un simple experimento se puede demostrar.

EXPERIMENTO 15°.—Derrámese una cantidad de mercurio en una vasija hasta que cubra todo su

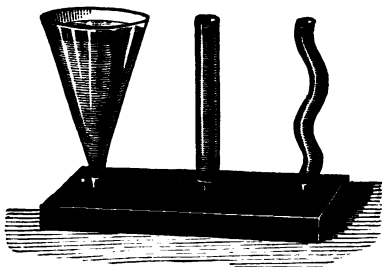


FIG. 9.

fondo y suspéndase sobre la vasija una plomada; se verá que tanto el reflejo de la plomada como la plomada misma están en una sola dirección, lo

que demuestra que aquélla no sesga hacia la superficie, porque si lo hiciera plomada y reflejo no formarían una sola línea, sino que aparecerían como dos líneas, inclinadas una hacia la otra.

**EXPERIMENTO 16°.**—Llénense de un líquido cualquiera algunos tubos de diferente forma colocados en el mismo plano, como en la Fig. 9 y se verá que en todos ellos el líquido está al mismo nivel.

**22. Nivel de agua.**—Lo dicho nos lleva á tratar del nivel de agua (Fig. 10). Si se aplica un ojo á la línea que continúa la del nivel del agua en ambas extremidades del tubo, se notará que se

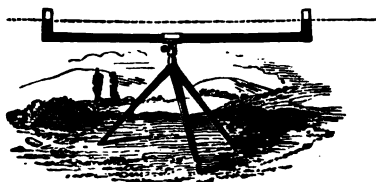


FIG. 10.

mira por una línea nivelada y que todos los puntos próximos que el observador ve á lo largo de esta línea están precisamente al mismo nivel.

La utilidad de este aparato es grande, pues necesita emplearse en la construcción de canales, ferrocarriles, etc., y el que se usa generalmente es el NIVEL DE ALCOHOL, de idénticos resultados al nivel de agua, que es el que acaba de describirse.

**23. Presión del agua á distintas profundidades.**—Tómese una vasija algo profunda y llénese de agua. Se verá que las capas de agua próximas al fondo están comprimidas por el peso de toda la que gravita sobre ellas, de modo que la presión

sobre estas capas será mayor cuanto más distantes estén de la superficie; así es que las capas que están, por ejemplo, á 50 centímetros de la superficie serán comprimidas con una fuerza doble de las que se encuentren á 25 centímetros. En otros términos: LA PRESIÓN SERÁ PROPORCIONAL Á LA PROFUNDIDAD.

**EXPERIMENTO 17°.**—Esa presión actúa en todas direcciones. Para demostrarlo llénese de agua una vasija y quítese un tapón que tenga en la parte superior, á uno de los lados; se verá que el agua es expelida aunque no con mucha fuerza, por la presión que se ejerce en su interior; quítese ahora un tapón que haya cerca del fondo y se observará que, á causa del gran peso del agua contenida en la vasija la presión es ahora mucho mayor y sale con gran fuerza: queda, pues, probada la existencia de la presión lateral. Para demostrar que los líquidos ejercen además presión de abajo arriba tómese un tubo ancho de vidrio abierto por sus extremos y aplíquese un disco al extremo inferior á manera de fondo, sujetándolo con un hilo: introdúzcase luego el cilindro en el agua y suéltese el hilo: se verá que el disco queda unido al cilindro, lo cual denota que sufre de abajo hacia arriba,



FIG. II.

una presión superior á su peso. Por fin, si se vierte con tiento en el interior del cilindro agua teñida, á fin de hacer más visible el experimento, el disco sostiene el peso de este líquido hasta el

momento en que el nivel del agua teñida llega casi al del agua contenida en la vasija, en cuyo caso el disco se desprende del fondo del tubo, porque la presión de abajo hacia arriba que lo sostenía queda igualada por la presión de arriba hacia abajo del agua del tubo.

Para convencerse de la enorme presión que se produce en las aguas profundas, llénese de agua una botella en sus tres cuartas partes; tápese bien; átese al cuello un hilo largo y échese al agua. Si se deja bajar la botella lo suficiente, y después se saca, se podrá juzgar de la presión que ha sufrido aquélla al verla llena hasta la boca y hundido por completo el corcho dentro.

**24. Presión ó empuje de los líquidos.**—Los experimentos que siguen darán una idea más exacta de lo que es la presión de abajo hacia arriba ó *empuje* de los líquidos.

**EXPERIMENTO 18°.**—Tómese la balanza del párrafo 9 y pésele en ella al aire libre, un cuerpo, que tendrá de peso 1,000 gramos, por ejemplo. Fijando ahora ese cuerpo en la balanza de modo que se pueda pesar sumergido en agua, se verá que dicho cuerpo parece no tener peso alguno, y para equilibrar los platillos, se hace necesario poner en el que está vacío, 1,000 gramos, ó sea un peso igual al del cuerpo sumergido.

**EXPERIMENTO 19°.**—¿Debe creerse pues que cuando un cuerpo está sumergido en agua, pierde enteramente su peso? El siguiente experimento lo hará saber. Póngase en uno de los platillos una vasija que contenga agua, y en el otro las pesas necesarias para equilibrarla. Enseguida, sumérjase en el agua de la vasija el cuerpo que antes se pesó y se verá que el fiel de la balanza se inclina del lado del cuerpo, tanto, que es preciso

poner pesas de 1,000 gramos en el otro platillo para restablecer el equilibrio; pero estos 1,000 gramos son precisamente el peso del cuerpo, y éste por lo tanto, no ha perdido su peso. En efecto, el peso existe evidentemente, por cuanto la vasija pesa ahora 1,000 gramos más de lo que pesaba antes que se introdujese en ella el cuerpo mencionado. Lo sucedido es que, en el experimento 18°, el cuerpo *parecía* carecer de peso, por efecto del *empuje*, ó presión de abajo hacia arriba, del agua.

EXPERIMENTO 20°.—En la Fig. 12 se ven dos cilindros de cobre, uno de los cuales es macizo y

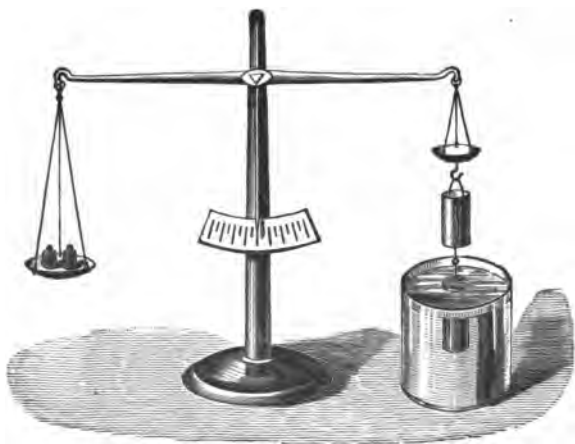


FIG. 12.

se adapta ó ajusta exactamente al otro, que es hueco; es decir que el volumen del uno es exactamente igual á la capacidad del otro. Debajo

de uno de los platillos se cuelga el cilindro hueco, y en la parte inferior de éste el macizo; y después, en el platillo opuesto pónganse pesas hasta establecer el equilibrio. Hecho esto, pésese el cilindro macizo, no ya en el aire sino en el agua, haciendo que entre por completo en la de una vasija dispuesta al efecto (Fig. 12); se verá que la cruz se inclina al lado opuesto, y que el cilindro macizo ha perdido por su inmersión, no la totalidad, sino una parte, de su peso. Para saber cuánta es la pérdida, échese agua en el cilindro hueco hasta restablecer el equilibrio. Está, pues, perfectamente nivelada ya la balanza, y completamente lleno el cilindro hueco. Pero la capacidad del cilindro hueco es exactamente igual al volumen del macizo: luego el peso que éste pierde es igual al de su propio volumen de agua, es decir al peso del agua que desaloja. De donde se deduce *que un cuerpo sumergido en un líquido desaloja un volumen de líquido igual al suyo y pierde de su peso, un peso igual al del volumen de líquido desalojado.*

**25. Cuerpos flotantes.**—Con este nombre quiere indicarse que si un cuerpo sumergido en el agua es más pesado, en igualdad de volumen, que el agua, ó por mejor decir, si es más denso que ésta, pierde una parte de su peso igual al del volumen del agua desalojada; pero no pierde todo su peso, porque, en igualdad de volumen, pesa más que el agua. Caee, pues, el cuerpo, porque su peso ó presión es superior al empuje de abajo hacia arriba.

**EXPERIMENTO 21°.**—Mas si el cuerpo tiene la misma densidad que el agua, como se vió en el experimento 18°, pierde todo su peso, y no cae, porque el empuje ó presión que tiende á elevarlo es igual á su propio peso. Si se echa este cuerpo



en el agua, ni flota ni se sumerge, sino que queda en suspensión en el líquido como si careciese de peso.

**EXPERIMENTO 22°.**—Finalmente, si el cuerpo es más ligero, en igualdad de volumen, que el agua, predomina el empuje de ésta diciéndose entonces que el cuerpo **FLOTA**. Si se toma, por ejemplo, un pedazo de madera y se echa al agua no queda sumergido en ella, porque el empuje lo eleva á la superficie, donde nada ó **FLOTA**.

Ahora bien, como resultado de todos estos experimentos se deduce: 1°, que un cuerpo sumergido en un líquido pierde una parte de su peso igual al del volumen del líquido desalojado; 2°, que, en virtud de esto, si el cuerpo es más pesado, en igualdad de volumen, que el líquido, **CAE**; si tiene la misma densidad que el líquido, ni sobrenada ni cae, sino que **QUEDA EN SUSPENSIÓN** dentro del líquido; y si es más ligero, en igualdad de volumen que el líquido, **FLOTA**.

**26. Densidad relativa.**—Véase ahora cómo lo aprendido hasta aquí facilita el modo de averiguar el **PESO ESPECÍFICO** de un cuerpo, esto es, su densidad con respecto á la del agua.

**EXPERIMENTO 23°.**—Tómese un pedacito de oro que pese en el aire exactamente 19 gramos. Si se pesa luego en el agua, se verá que sólo pesa 18 gramos; ó, en otros términos, que, por su inmersión en aquel líquido, pierde 1 gramo. Ahora bien, la pérdida de peso hallada es el peso de un volumen de agua igual al del pedacito de oro, es decir, 1 gramo. Pero aquél pesa en el aire 19 gramos, ó sea 19 veces más que igual volumen de agua. Esto es, pues, lo que se quiere dar á entender cuando se dice que 19 es el *peso específico* del oro; y se obtendrá siempre el mismo

resultado, sea cual fuere el tamaño ó la forma del pedazo de oro con que se experimente. Por otra parte, si se toma algo que no sea oro, sino parecido á este metal, se podrá averiguar, pesándolo en el agua, que no pesa 19 veces más que igual volumen de ésta. Arquímedes descubrió, hace más de 2,000 años, este método para averiguar el *peso específico ó densidad relativa* de los cuerpos. El rey de Siracusa tenía una corona, y sospechó que el platero había mezclado en ella cierta cantidad de plata con el oro; pero no sabiendo como cerciorarse del fraude, acudió á Arquímedes. Estando éste bañándose un día, se le ocurrió el verdadero medio de descubrir el engaño, y es fama que salió gritando por las calles *¡eureka! ¡eureka!* esto es: “¡lo he descubierto, lo he descubierto!” De regreso en su casa, tomó un pedazo de oro, que sabía era perfectamente puro; lo pesó en agua, y vió que perdió una decimanona parte de su peso; de donde dedujo, como ya se ha visto, que, en igualdad de volumen, pesa el oro 19 veces más que el agua. En seguida pesó la corona, y advirtiendo que perdía en el agua más de una decimanona parte de su peso, conoció que no era de oro puro.

**27. Presión ó empuje de otros líquidos.**—El agua no es el único líquido dotado de la propiedad que se llama *presión ó empuje*: todos la tienen, si bien en grado diferente. En los líquidos ligeros, como el alcohol y el éter, por ejemplo, es comparativamente débil; mientras que en los otros es sumamente enérgica. Para convencerse de ello, basta verter en una vasija un poco de mercurio, y colocar en su superficie un pedazo de hierro, el cual, flota ó sobrenada en ella, demostrando así que, en igualdad de volumen, es más ligero que

el mercurio. El oro, al contrario, es más denso que el mercurio; pues éste, en igualdad de volumen, pesa sólo  $13\frac{1}{2}$  veces más que el agua; al paso que el oro, según se ha visto ya, pesa, en igualdad de volumen, cerca de 19 veces más que aquel líquido. El agua salada es más densa que la dulce; y en Palestina hay un lago, llamado *Mar muerto*, tan salado, y por lo mismo tan denso, que en sus aguas apenas puede sumergirse el cuerpo humano.

28. **Capilaridad.**—Antes de pasar á otro asunto, conviene mencionar un caso muy conocido en que el agua se eleva sobre su propio nivel.

EXPERIMENTO 24°.—Si se toma un terrón de azúcar y se hace que cualquiera de sus puntos toque la superficie del agua contenida en un vaso, se verá que todo el terrón se humedece. De igual modo, si se empapa en agua una tira de papel secante ó un pabilo de algodón, se hace subir la superficie del agua. Pero si con la extremidad inferior del papel secante ó del terrón se toca una superficie de mercurio, ésta no se elevará hasta el terrón ó el secante, ni lo empapará: de suerte que esos dos líquidos, el agua y el mercurio, proceden de distinto modo en lo que respecta á aquellas substancias. En el primer caso, se eleva el agua hasta ellas, y continúan allí sin abandonarlas; en el segundo caso, el mercurio no se elevará hasta ellas ni las mojará: en efecto, el mercurio no ejerce atracción suficiente sobre el azúcar ni puede empaparlo, aun cuando puede adherirse á una superficie de plata ú oro, porque tiene gran afinidad para con esos metales.

Por un efecto capilar semejante al del pedazo de azúcar, que, sumergido en parte en un vaso de agua, absorbe líquido, el aceite sube en las me-

chas de las lámparas, y se empapan de líquido las maderas, las esponjas, etc. Si, por el contrario, no moja el líquido al sólido sumergido, como sucede con el papel secante en contacto con el mercurio, no se eleva el líquido, sino que se deprime. Así, suelen verse insectos que andan por la superficie del agua sin hundirse, porque no moja el líquido sus patitas; y tampoco se hunde una aguja delgada, untada de grasa y posada suavemente en la superficie del agua; pero lavándola con alcohol, se va al fondo.

## VII.

### PROPIEDADES DE LOS GASES

**29. Presión del aire.**—Los gases guardan muchos puntos de semejanza con los líquidos, pero también presentan muchas diferencias. Un líquido tiene superficie y puede llenarse de él todo ó parte de una botella ó recipiente, mientras que si se introduce gas en una vejiga se extenderá por toda ella. El gas tiene propensión á llenar cualquier espacio.

**EXPERIMENTO 25º.**—Un sencillo experimento puede probarlo fácilmente. Colóquese bajo la campana de cristal de una máquina neumática (que luego se describirá) una pelota de goma y hágase el vacío en la campana. La pelota contiene aire y al ir desapareciendo el que está á su alrededor trata de llenar el espacio vacío, y puede observarse como la pelota va dilatándose á medida que se va extrayendo el aire de la campana, volviendo á su tamaño primitivo en cuanto se deja entrar el aire otra vez en la campana.

**EXPERIMENTO 26°.**—El experimento puede variarse del siguiente modo ; colóquese en la base



FIG. 13.

de la máquina neumática una vasija de cristal sin fondo con una tapadera de caucho bien ajustada al cuello ; hágase el vacío en el jarro y se verá que á medida que el aire va desapareciendo del interior el del exterior trata de introducirse en el espacio vacío y la tapadera se hunde por medio de su gran presión, pudiendo llegar ésta á ser tal que el caucho reviente.

**30. Peso del aire.**—Así se observa que el aire pugna constantemente por introducirse en cualquier espacio vacío, resultando muy difícil el extraerlo. En la Fig. 14 tenemos una vasija que se puede unir á una bomba de aire ó máquina neumática y se verá que una vez extraído éste pesa menos que cuando contenía aire, demostrándose de este modo que **EL AIRE TIENE PESO.**

**EXPERIMENTO 27°.**—Si se coloca una cajita sin tapa en uno de las platillos de una balanza y se pesa, puede asegurarse que el peso será el de la cajita llena de aire atmosférico.

**EXPERIMENTO 28°.**—Llénese después la cajita, desalojando el aire que contiene, con el pesado gas llamado ácido carbónico, por el procedimiento que se conoce en las Nociones de Química, y pesándolo otra vez se verá que pesa más que cuando estaba llena de aire ordinario, demos-



FIG. 14.

trándose de este modo que hay gases más pesados que otros.

**EXPERIMENTO 29°.**—El hidrógeno es el más ligero de todos los gases. Si se llena la cajita de hidrógeno se verá que pesa menos que cuando estaba lleno de aire, pero más que si no lo contuviera. De lo que se deduce que aunque las partículas de los gases parece que se rechazan mutuamente tratando de alejarse unas de otras tanto como puedan y llenando siempre las vasijas que las contienen, sin embargo son atraídas por la tierra y pesan; así no hay peligro de que la atmósfera se aleje de la tierra pues lejos de esto es atraída por ella.

Ahora por lo que respecta á la presión y al peso, un océano de aire es semejante á uno de agua y se recordará que en el párrafo 23 se dijo que la presión del agua contra el fondo de una vasija depende de su profundidad, de modo que en una gran profundidad se tiene una gran presión y ésta se ejerce en todas direcciones. Si se dice que actúa una gran presión de aire sobre la tierra se preguntará naturalmente. Y ¿cómo es que no se siente esa presión? Á lo que se responde: sencillamente porque la presión se ejerce en todas direcciones, hacia arriba, hacia abajo, á los lados. Tómese un pliego de papel, y se verá que la presión del aire actúa sobre él, no sólo por una, sino por todas sus márgenes y superficies, en consecuencia de lo cual puede moverse tan libremente como si no hubiera presión del océano atmosférico que lo rodea. Por eso mismo, los seres vivientes pueden moverse con facilidad en todos sentidos sin notar presión. Un simple experimento bastará para hacer ver lo ya dicho.

**EXPERIMENTO 30°.**—Tómense (Fig. 15) dos

medias esferas huecas que ajusten exactamente una en otra; júntense y atorníllense; se preguntará por qué no las mantiene sujetas la presión



FIG. 15.

del aire. La razón es que también dentro de ellas hay aire y la presión de éste hacia fuera es igual á la que ejerce hacia dentro el aire del exterior. Pero aplíquese la bomba de aire á esas esferas sacando el que contienen y se verá que es muy difícil separarlas, porque mientras que el aire del exterior las oprime y sujeta no hay ninguno en su interior que contrarreste esa presión y por consiguiente se mantienen firmes. Ahora

bien, como el aire es un fluido y pesa tendrá cierta cantidad de empuje, pero no tanta como el agua. Por tanto, si se llenara un saco grande de hidrógeno será, en igualdad de volumen más ligero que el aire, y, por tanto, se elevará en él. Un saco así lleno de gas es lo que se llama un GLOBO, y si es suficientemente grande puede sostener una barquilla con varias personas.

**31. Barómetro.**—EXPERIMENTO 31°.—Tómese un tubo de cristal hueco, abierto por un extremo y cerrado por el otro; llénese de mercurio y tapando firmemente con el dedo el extremo abierto

inviértase poniéndolo dentro de una vasija de cristal que contenga mercurio, y cuidando de no retirar el dedo hasta que el extremo esté bajo la superficie del mercurio. La Fig. 16 representa el tubo invertido y colocado verticalmente en la vasija de mercurio. Véase ahora lo que sucede. Nótese un espacio vacío que queda en la parte superior del tubo que contiene mercurio; parece que se ha dejado en él alguna cantidad de aire, pero no ha quedado ninguna: en ese espacio vacío no hay absolutamente nada. Después ocurre preguntar: ¿Cómo es que el aire atmosférico, que indudablemente está ejerciendo presión en todas direcciones, y, por tanto, oprimiendo la superficie del mercurio contenido en la vasija, no lo eleva para llenar con él ese espacio vacío? La respuesta es que lo haría si pudiera, pues el aire con una fuerza suficiente para mantener en el tubo una columna de mercurio de 76



FIG. 16.



centímetros de alto, está comprimiendo la superficie de mercurio de la vasija; pero no puede hacer más de lo que hace, pues el peso de ese mercurio equilibra la presión del aire que lo fuerza de abajo arriba. De aquí que la columna de mercurio no pueda descender, por impedirlo la presión del aire ni tampoco ascender, porque su peso lo impide: eso explica el espacio vacío que hay sobre la columna. El primero que efectuó este experimento fué Torricelli; el tubo se llama BARÓMETRO, y el vacío que queda en la parte superior del tubo se LLAMA EL VACÍO DE TORRICELLI. La mayor parte de los barómetros están provistos de una escala graduada, con la cual puede medirse con exactitud la altura del espacio vacío que queda sobre la superficie del mercurio.

**32. Usos del barómetro.**—El barómetro es útil en muchos sentidos; por ejemplo, se puede medir con él con exactitud la altura de una montaña. Ya se dijo (párrafo 23), que la presión es mayor en el fondo de una vasija llena de agua, que en la superficie; pues eso mismo acontece en el océano de aire en que vivimos: la presión es mayor cerca del fondo que mucho más arriba. Por eso si se sube al pico de una montaña se tendrá encima menor peso atmosférico que el que había más abajo; y en consecuencia la presión del aire será menor en la cima de la montaña que al pie de ésta. Ya el aire no será capaz de sostener dentro del tubo la misma columna de mercurio que sostenía antes, de modo que en el barómetro en vez de una columna de mercurio de 76 centímetros de alto, sólo se tendrá una de 60 centímetros ó acaso de 50, según la altura de la montaña; cuanto más alta sea ésta más bajo descenderá el mercurio en

el tubo, y así es como, por medio de él se puede saber hasta que altura se ha subido. El barómetro es también útil para indicar cuando habrá mal tiempo. Si la columna de mercurio baja, es decir si el vacío de encima aumenta y especialmente, si aumenta con rapidez, deberá esperarse mal tiempo. Si la columna barométrica se mantiene inmóvil, anuncia la continuación del buen tiempo.

33. **Bomba de aire.**—Se ha hablado de la extracción del aire de una campana por medio de una BOMBA DE AIRE: ahora hay que ver como funciona este aparato (Fig. 17); ante todo debe decirse lo que se

entiende por *válvula*. Válvula es una

tapa ó puerta de escape que cierra herméticamente un orificio y que solo puede abrirse en un

sentido. En la figura se ve á la iz-

quierda una campana de vidrio llena de aire, que ajusta exactamente sobre una lámina. También puede observarse que del centro y de la parte inferior de la lámina sale un tubo que, por esa parte desemboca en la campana de vidrio, y por la parte de la derecha en el cilindro, uniendo así una al otro. Se ve además en el cilindro un pistón que puede moverse hacia arriba y hacia abajo. Finalmente, nótanse dos válvulas, ó puertecitas de escape muy ajustadas, una de las cuales está colocada en el punto en que el tubo entra por el cilindro, mientras que la otra está en el pistón mismo. Estas dos válvulas se abren hacia arriba, y no hacia

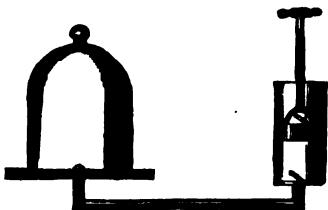


FIG. 17.

abajo. Supóngase ahora que se empieza á trabajar con las válvulas cerradas y con el pistón en el fondo, comenzando por levantarlo: de este modo, se deja un espacio vacío que el aire de todas partes tratará de llenar, si puede (párrafo 29). El aire de arriba procurará hacer presión sobre el espacio vacío, pero no logrará introducirse en él; y tan sólo podrá hacer presión contra la parte exterior de la válvula superior y mantenerla cerrada, pues ésta no se abre hacia abajo. El aire de la campana lo conseguirá porque se escapará por el tubo abriendo la válvula inferior (que lo hace hacia arriba) y penetrando en el espacio vacío. Supóngase ahora que se levanta el pistón y que se empieza á hacerlo bajar; el impulso que se le da lo transmite al aire, que á su vez lo comunica á la válvula inferior, haciendo que ésta quede cerrada. Pero el aire aprisionado entre ambas válvulas logra escaparse por la de arriba, abriéndola, y de este modo á medida que se continúa bajando el pistón, todo el aire que había en el cilindro, debajo de la válvula superior, es expelido hacia el exterior. Pero el aire expelido era parte del que contenía la campana y así sucede que con sólo alzar y bajar una vez el pistón se logra arrojar de la campana una cantidad del aire contenido en ella. Repitiendo ahora la misma operación, es decir, volviendo á alzarlo, el aire de arriba cerrará la válvula inferior y llenará el espacio que quedó vacío al subir el pistón: cuando éste vuelve á bajar, la válvula inferior permanece cerrada, mientras que el aire interior abre la superior, y sale: así á cada doble movimiento del pistón se saca una parte del aire de la campana de cristal. Para trabajar con la bomba es absolutamente necesario que el pistón ajuste

perfectamente en el cilindro, porque si no, entraría aire de afuera, y no sería posible extraer todo el aire del interior.

Una vez se sabe de qué modo trabaja la bomba de aire no se vaya á creer que todas son precisamente como la que representa la figura; aunque su construcción ó forma sea diferente, el principio en que todas ellas se fundan es el mismo.

34. **Bomba de agua.**—Fijémonos otra vez por un momento en el barómetro. Se ha dicho que la presión del aire tiene la suficiente fuerza para equilibrar una columna de mercurio de 76 centímetros de altura; pero el agua es mucho más ligera, que el mercurio y de aquí se debe deducir que la presión del aire equilibrará una columna de agua mucho mayor. Así es, en efecto; la presión del agua equilibra una columna de agua de unos 10.33 metros de alto.

Con esto puede comprenderse el modo de funcionar de la bomba común. La Fig. 18 representa una de esas bombas. En la parte baja está el recipiente de donde se ha de elevar el agua, y un tubo que va del recipiente al cuerpo de la bomba. En él se ve un pistón que ajusta en su interior y en este pistón hay una válvula que se abre hacia arriba, mientras que en el fondo del cañón ó cuerpo de la bomba hay otra válvula que también se abre en la misma dirección. El cuerpo de la

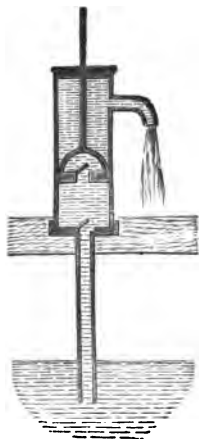


FIG. 18.

bomba aspirante es igual en sus efectos al de la bomba de aire; supóngase pues que el pistón está ahora en el fondo del cilindro; levantándolo exactamente lo mismo que se hace en la bomba de aire, el aire superior ejercerá presión sobre la válvula superior y la mantendrá cerrada: por su parte, el aire del tubo se escapará por la válvula inferior para llenar el vacío ocasionado por la subida del pistón. Cuando éste vuelve á bajar la válvula inferior se cerrará, como sucedía en la bomba de aire, y la válvula del pistón se abrirá y saldrá un poco de aire. En realidad, lo que se hace es extraer el aire del cuerpo de bomba y del tubo; pero en tanto ¿qué ocurre con el agua del recipiente? El aire exterior continúa ejerciendo presión sobre la superficie del agua que contiene el recipiente, pero como se ha estado sacando aire del tubo, esta presión del aire exterior ya no está equilibrada por la del aire que contenía aquél, y por tanto el aire exterior no hallará oposición y elevará el agua desde el recipiente al tubo, hasta que extraído al fin todo el aire se llene de agua el tubo entero: de él, por la válvula inferior, pasará el agua al cuerpo de la bomba.

Pero nada de esto sucederá si la distancia que hay entre la superficie del agua contenida en el recipiente y la válvula inferior pasa de 10.33 metros: ya se ha dicho que la presión del aire sostendrá una columna de agua de 10.33 metros de alto, pero no podrá sostenerla de más altura; de modo que si hay mas de 10.33 metros entre la superficie del recipiente y la parte superior del cuerpo de bomba, el agua no entrará en éste y no podrá lograrse que se eleve hasta él. Por el contrario, si la distancia no pasa de 8 á 9 metros, la bomba trabajará bien y se conseguirá elevar el

agua. Supóngase que se llena de agua el cuerpo de bomba y se empuja el pistón hacia abajo. Al hacerlo, la presión que se ejerce sobre el pistón se comunicará por medio del agua á la válvula inferior, que quedará cerrada. Por otra parte la presión del agua forzará y abrirá la válvula superior, que como se abre hacia arriba, dejará escapar el agua, y ésta subirá sobre el pistón; al elevarse éste empujará el agua que lo cubría y ésta se derramará por el caño de la bomba, cosa que en lo sucesivo sucederá á cada golpe de pistón.

**EXPERIMENTO 32°.**—Para ver con facilidad lo que acontece en una bomba común, búsquese una que tenga el cuerpo de bomba de vidrio á fin de que pueda observarse lo que pasa en su interior. Cuando se levanta el pistón, la válvula superior se cierra y la inferior se abre, mientras que cuando baja aquél, la inferior se cierra y la superior se abre. Ya se sabe que el pistón de la bomba debe ajustar bien, pues de otro modo el aire entrará por arriba é impedirá trabajar. Á veces, no obstante, cuando no se usa mucho una bomba, el cuerpo del pistón se seca y entonces es difícil hacerla funcionar: en este caso si se echa agua sobre el pistón, humedece el cuero y sirve para ajustarlo.

**35. Sifón.**—Antes de entrar en nueva materia conviene conocer un instrumento llamado sifón, cuya acción depende, como la de la bomba, de la presión del aire.

Se usa para trasladar líquidos de una vasija colocada en un nivel alto á otra que esté á nivel más bajo, como se ve en la Fig. 19. Ante todo hay que invertir el tubo del sifón y llenarlo completamente de agua, tapando con el dedo la abertura del tubo más corto. Colocando entonces esa extremidad debajo de la superficie del agua y reti-

rando el dedo, el agua brotará al instante en corriente continua por la extremidad del tubo mayor hasta la vasija inferior y así se podrá trasladar á



FIG. 19.

ésta toda el agua que contenga la superior con tal que el tubo corto del sifón sea suficientemente largo para alcanzar al fondo de esta última.

## VIII

### CUERPOS EN MOVIMIENTO

36. **Energía.**—Se ha hablado (párrafo 1) de los modos de ser de las cosas ó aspecto que presentan, y también se ha dicho que el objeto de estas

Nociones es descubrir algo acerca de esos modos de ser ó aspectos variables de la materia. No se podía empezar por ahí porque ante todo había que hablar de las cosas mismas, pero ahora que se tienen conocimientos bastantes de los sólidos, los líquidos y los gases, es tiempo de aprender algo relativo á lo ya indicado.

Se dijo que los cuerpos están, á veces, llenos de energía, como una bala en movimiento, y otras totalmente inmóviles ó privados de ella, como una bala en reposo. Ahora se estudiarán los casos más notables en que un cuerpo está lleno de energía. Eso acontece cuando un cuerpo está en MOVIMIENTO Ó EN RÁPIDA VIBRACIÓN Ó CUANDO SE LE CALIENTA Ó ELECTRIZA, y por eso se clasificarán los cuerpos enérgicos en estas cuatro divisiones. Ante todo se hablará de los cuerpos en movimiento, y con este motivo se dará una idea del modo que tienen de actuar esos cuerpos; después se tratará de los cuerpos en vibración, como una campana ó un tímpano y también del sonido: se hablará en seguida de cuerpos calentados y á propósito de ellos algo de la luz y el calor; finalmente cuando se trate de cuerpos electrizados, se estudiará lo que es esa fuerza misteriosa que se llama electricidad. En estas Nociones no se puede dar cuenta completa de las distintas especies de energía que poseen los cuerpos, sino que sólo puede trazarse un mero bosquejo de la materia.

**37. Definición del trabajo.**—Al decir que un hombre está lleno de energía se entiende que está lleno del poder de trabajar y cuando se dice que una cosa está llena de energía, se entiende de igual modo que está llena del poder de hacer trabajo. Y en efecto; la energía de una cosa cualquiera se mide por la cantidad de trabajo que puede hacer



antes de gastarse por completo. Pues bien; si se levanta un peso de un kilogramo á la altura de 1 metro, se ejecuta cierta cantidad de trabajo, pero si se levanta á dos metros se hace dos veces el mismo trabajo; si á tres metros tres veces, y así sucesivamente. Si, pues, al trabajo de levantar un kilogramo á 1 metro se le llama *uno*, al de levantar 3 á un metro se le llamará *tres*. Ahora, el trabajo de levantar 2 kilogramos á cualquiera altura es doble del que se hace levantando 1 kilogramo á la misma altura, de modo que el trabajo de levantar 2 kilogramos á 3 metros de altura será *seis*. En efecto: *multiplicando el número de kilogramos que se levantan por el de metros á que se levantan, el producto será el trabajo hecho.*

Supóngase ahora que con un cañón se dispara una bala de 50 kilogramos con la velocidad estrictamente necesaria para hacerla subir á 300 metros; de aquí puede deducirse cuánta energía tenía la bala al dispararse. Tenía energía suficiente para llevar 50 kilogramos (es decir, su propio peso) á 300 metros, y por consiguiente energía para hacer un trabajo igual á  $50 \times 300 = 15,000$ . Si se vuelve á cargar el cañón, pero con más pólvora que la primera vez, podrá dispararse la bala con mayor velocidad; supóngase que esta segunda vez puede subir á la altura de 500 metros; tiene, pues, energía suficiente para hacer un trabajo igual á  $50 \times 500 = 25,000$ . De lo que se deduce que cuanto mayor sea la velocidad con que salga la bala, mayor será la altura á que se eleve, mayor el trabajo que haga, y mayor, por lo tanto, su energía.

### 38. Trabajo hecho por un cuerpo en movimiento.

—Si se lanza al espacio un cuerpo con una velocidad igual á dos, no se elevará á una altura doble sino cuádruple de la alcanzada cuando se disparó

con una velocidad igual á uno ; si la velocidad de partida fuese igual á tres, la altura alcanzada sería nueve veces la correspondiente á la velocidad uno. En otros términos ; la altura alcanzada por el cuerpo es proporcional al cuadrado de su velocidad de partida. Pero hay otros modos de medir el trabajo de una bala que el decir la altura á que puede elevarse y es el dispararla contra tablones colocados en hilera, en cuyo caso se verá que una bala con una velocidad igual á 2 atravesará 4 planchas ; con triple velocidad, nueve, y así sucesivamente.

**39. Energía en reposo.**—Es muy fácil ver que un cuerpo que se mueve muy de prisa es capaz de ejecutar gran cantidad de trabajo ; pero no es tan fácil descubrir energía en un cuerpo que reposa, y esto último es, sin embargo, lo que á menudo acontece ; que hay energía en estado de reposo, exactamente lo mismo que puede un hombre estar quieto, y no obstante ser capaz de llevar á cabo gran cantidad de trabajo. Supóngase que dos hombres igualmente fuertes se lanzan piedras, pero el uno lo hace desde un tejado y el otro desde la calle. Es inútil preguntar quién tiene ventaja, pues claro se ve que es el primero y no porque sea más fuerte que el segundo, sino porque su fuerza consiste en que las piedras que emplea tienen más energía que las de su contrario en razón á que caen de una altura, mientras que las del otro tienen que luchar con su fuerza de gravedad. Figurémonos dos molinos de agua, uno con un gran estanque de alto nivel á su lado y otro con un estanque á nivel más bajo que el molino ; ¿ cuál de los dos es más apto para trabajar ? Sin duda alguna aquél cuyo estanque está más alto, porque la caída de agua moverá sus ruedas : vemos pues,

que de un estanque elevado ó una *calda de agua*, como se dice, hay gran cantidad de trabajo que aprovechar, y trabajo real y substancial, como la molienda ó trilla del maíz ó el torneo ó aserradura de la madera; por otra parte, ningún trabajo puede sacarse de un estanque de agua que está á bajo nivel.

Compárese ahora un molino que se mueve por la fuerza del agua con otro impulsado por la fuerza del viento. Éste tiene también su cantidad de fuerza, pues al chocar contra las aspas del molino de viento las hace girar, y si se lanza una pluma ó una paja al espacio veremos como flotan por la fuerza del mismo. Pero un molino de agua tiene una gran ventaja sobre uno de viento, pues en los días en que éste no sopla el molino no funciona, mientras que el agua corre continuamente y la marcha del mismo no sufre interrupción.

## IX

### CUERPOS VIBRANTES

40. **Sonido.**—Un cuerpo que cambia de lugar está en movimiento; pero de eso no se sigue que todo cuerpo en movimiento cambia de lugar. Un trompo que gira muy de prisa se mueve, pero no por eso cambia de lugar.

EXPERIMENTO 33<sup>o</sup>.—En la Fig. 20 se ve un alambre que por un extremo está sujeto á un poste: si por el otro se sacude, oscila rápidamente de adelante para atrás; y sin embargo el alambre no cambia de lugar. Mientras las partículas de ese alambre se mueven de adelante

para atrás, se dice que están en estado de VIBRACIÓN: de igual modo cuando se toca una campana ó golpea un tímpano, las partículas de una ú otro están en estado de vibración, lo mismo que al herir la cuerda de un instrumento músico. Estos distintos movimientos denotan energía, pues las partículas de un cuerpo vibrante se mueven activamente de un lado á otro y si se trata de detenerlas chocarán contra el observador. Como el aire se opone constantemente á ese movimiento, cada vez que el extremo de ese alambre vibrante vuelve atrás, lo golpea en la misma dirección y así sucede que todo cuerpo vibrante da al aire una porción de sacudidas. Cuando el aire recibe el golpe lo transmite á la capa de aire más cercana, la que á su vez lo comunica á la inmediata y así sucesivamente hasta llegar al oído, en cuyo caso decimos que UN SONIDO HA HERIDO EL OÍDO.

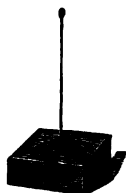


FIG. 20.

41. **¿Qué es ruido y qué es música?**—Si el cuerpo que golpea al aire le transmite una serie irregular de golpes, como cuando se dispara un cañón, el aire la lleva al oído y se dice que se ha oído un RUIDO; mas si el cuerpo que golpea al aire está en vibración y esparce en un segundo una porción de conmociones ó golpes, el aire los traerá al oído y repetirá en él otros tantos en un segundo y entonces se dice que se oye un SONIDO MUSICAL. Por esto puede afirmarse que UN RUIDO ES UN SOLO GOLPE DADO AL OÍDO Y QUE UN SONIDO MUSICAL ES CAUSADO POR UNA SERIE DE GOLPES QUE SE SUCEDEN Á INTERVALOS REGULARES. Hay más; si el cuerpo vi-

brante que causa esa perturbación da solamente al aire un número comparativamente corto de golpes en un segundo, entonces es claro que el aire dará solamente el mismo número en el mismo segundo, y se oirá UNA NOTA BAJA Y PROFUNDA; pero si el cuerpo vibra muy rápidamente y esparce por el aire gran número de golpes ó vibraciones en un segundo, se oirá UNA NOTA ALTA Y AGUDA. Así, una nota baja y profunda significa un corto número de golpes percibidos por el oído en un segundo y nota alta y aguda significa que se han percibido gran número de golpes en el mismo tiempo. Una nota agudísima se dará á razón de 20,000 vibraciones por segundo, y una nota muy profunda á 50 vibraciones por segundo.

**42. Efectos mecánicos del sonido.**—Una nota musical puede ser agradable ó desagradable; es el ruido que á veces hiere y hasta destruye el oído si es muy violento. Por ejemplo: si se disparara un gran cañón el ruido podría destruir el poder auditivo del oído, y si el sonido chocara contra una vidriera, la vibración podría ser tan violenta que rompiese los cristales; y á veces en casos como el de la explosión de un polvorín se rompen los vidrios de las casas que se encuentran en los alrededores. De modo que un ruido fuerte lleva en sí tanta energía que puede hacer un trabajo de naturaleza destructiva.

**43. El sonido requiere aire que lo transmita.**—**EXPERIMENTO 34°.**—Trátase de hacer sonar un timbre colocado debajo de la campana de una máquina neumática después de extraído el aire de ella, y se verá que no existiendo aire faltará el medio transmisor del sonido y éste no llegará hasta nosotros. En realidad todo cuerpo vibrante tiene en sí una cantidad de energía, que transmi-

tirá al aire, el que á su vez la transmitirá al oído. Pero si no hay aire nada hay con que llevar al oído la energía del cuerpo vibrante.

44. **¿Cómo se mueve á través del aire?**—Examínese ahora la naturaleza de lo que se llama sonido, que los cuerpos vibrantes transmiten al aire, y que éste lleva á gran distancia.

En primer lugar, cuando se dispara un cañón á 2 ó 3 kilómetros de distancia, no son las mismas partículas las que andan todo el camino desde el cañón al oído. Las partículas próximas al cañón golpean á las más cercanas, y se detienen; las que han recibido el golpe ó vibración, lo transmiten á

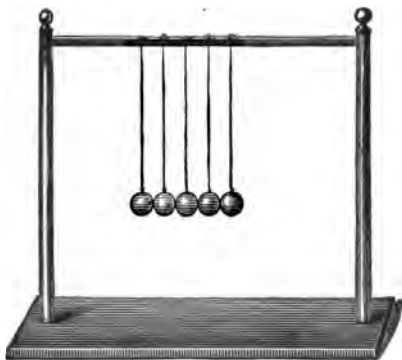


FIG. 21.

su vez á las que tienen más cerca, que se detienen también; y así sucesivamente, hasta que la vibración llega á nuestro oído. Lo que realmente acontece se explicará sencillamente en el siguiente experimento.

EXPERIMENTO 35°.—Si se toman varias bolas y se suspenden por medio de hilos, de modo que

queden á la misma altura, como se ve en el grabado; tirando de la primera y dejándola caer de golpe sobre la segunda, se verá que ésta transmite el impulso á las demás y la última es la que responde al choque, tanto, que se separa de las otras.

Pues la primera bola puede compararse á las partículas de aire que están próximas al cañón y la última á la partículas próximas á nuestro oído; y así se ve como el golpe que viene del aire próximo al cañón se transmite al cercano á nuestro oído sin necesidad de que, para llevarlo, recorran las primeras partículas el espacio que media entre ambos.

El siguiente experimento por Tindall da una idea más clara aún del asunto de que se trata. Colocando en una caja larga y acanalada de madera varias bolas, con una campanilla suspendida en uno de los extremos de la caja, como se ve en el grabado adjunto y arrojando vivamente una de las bolas contra las demás, se verá que comunica el choque á todas las bolas y que la última se separará del resto, é irá á chocar contra la cam-



FIG. 22.

panilla. Supóngase que estas bolas son átomos de aire y la campanilla es el oído, y se comprenderá fácilmente la manera como se transmiten los sonidos.

**45. Proporción de movimiento en el sonido.**— Además, ese impulso ó golpe que se llama sonido requiere tiempo para pasar del cañón á nuestro oído ; viaja con rapidez pero no por eso pasa instantáneamente de uno á otro. Cuando se ve disparar un cañón á distancia, lo primero que se percibe es el fogonazo, luego el humo y sólo después de algunos segundos se oye el ruido ; pues esos pocos segundos son el tiempo que el sonido emplea en llegar del cañón al oído. Visto el fogonazo en el momento mismo en que se disparó el cañón y contando desde que aparece, se sabe cuanto tarda el sonido en llegar del cañón al oído. Supóngase, pues, que el cañón está á 3,400 metros de distancia y que se contaron diez segundos entre el fogonazo y el sonido ; dedúcese que el sonido emplea 10 segundos en recorrer 3,400 metros, ó que se mueve á razón de 340 metros por segundo.

El sonido se propaga por el agua con mucha mayor rapidez que por el aire y mediante experimentos hechos en el lago de Ginebra, se ha comprobado que la proporción de movimiento en el sonido á través del agua es aproximadamente cuatro veces más grande que á través del aire. El sonido marcha á través de la madera ó del hierro con mayor velocidad todavía : á través de la madera, por ejemplo, anda de 10 á 16 veces tanto como por el aire, de modo que podría recorrer una distancia mayor de 3 kilómetros por segundo.

**46. Ecos.**— Supóngase ahora que en el centro de un vasto anfiteatro hay una serie de peñascos y se hace allí un disparo ; el ruido ó vibración se esparcirá del fusil á los peñascos, y los golpeará ; pero después sucede algo más. Cuando el sonido



choca contra los peñascos, no puede ir mas lejos, retrocederá, y en ese caso, lo hará exactamente por la misma línea que recorrió, andando siempre á razón de 340 metros por segundo. El resultado será que, pocos segundos después de haberse disparado el fusil, se oirá el sonido que retrocede de los peñascos, precisamente como si se disparara otro fusil. Ese sonido se llama *eco*.

En el eco, tenemos el sonido ó impulso que choca con un obstáculo, y desde éste vuelve atrás; pero no siempre en la misma dirección: esto depende de la forma que tiene la superficie contra la cual choca. La Fig. 23 representa un curioso experimento. Colóquense dos grandes reflectores cóncavos á alguna distancia uno de otro, y en el punto de uno de ellos, llamado *foco*, póngase un reloj, aplicando después el oído al foco del otro; entonces se oirá claramente el

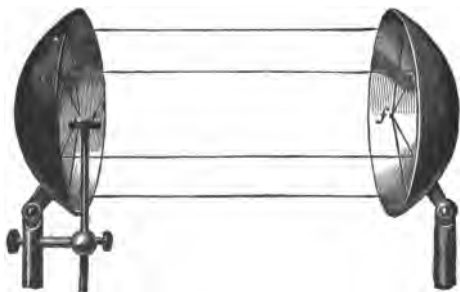


FIG. 23.

sonido del reloj, como si estuviera junto al oído. La razón de esto es que los golpes dados por el reloj al aire chocan contra el reflector de la izquierda, y son reflejados desde él en direcciones que los llevan al otro reflector, desde el cual

pasan al oído. Esa propiedad del sonido constituye un agradable experimento; pero á veces tiene sus inconvenientes en la práctica. El reflejo ó reflexión del sonido explica también lo que acontece en las bóvedas acústicas. En la de San Pablo, en Londres, todo murmullo que se produce á un lado de la cúpula repercute al otro lado, que está á considerable distancia.

**47. ¿Cómo se halla el número de vibraciones que en un segundo corresponden á cualquiera nota?**— Se ha dicho que cuando un cuerpo vibrante da al aire un corto número de golpes en un segundo, se origina una nota profunda; y que, cuando golpea

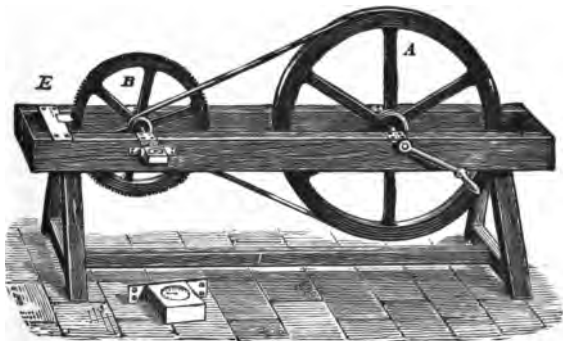


FIG. 24.

rápidamente el aire en un segundo se oye una nota aguda: lo que se llama el grado ó TONO de la nota, depende, por tanto, del número de golpes que se da al aire en un segundo.

Pues bien; por medio del experimento que muestra la Fig. 24, puede saberse cuántos golpes corresponden en un segundo á cualquiera nota particular. En ella se ve á la derecha una gran

rueda *A*, que se mueve por medio de un manubrio. Sobre la circunferencia ó llanta de esa rueda, se arrolla una correa que pasa por el eje de otra rueda *B*. El resultado de esta disposición es que, mientras la rueda *A* da una vuelta, la rueda *B* dará muchas, moviéndose como es natural, con su eje. Por lo tanto *B* puede ser movida con mucha rapidez. Se ve también que *B* está llena de dientes pequeños, y que en el punto *E* por donde pasan los dientes de *B*, hay un cartón colocado de modo que cada diente de la rueda lo golpee al pasar.

Cada vez que eso sucede se oye un sonido porque el cartón transmite al aire el golpe ó vibración que ha recibido. Si hay 100 dientes en la rueda *B* se producirán 100 vibraciones en el tiempo en que *B* da una vuelta: si la da en un segundo se transmitirán al aire 100 vibraciones y por consiguiente llegarán en un segundo 100 sonidos á nuestro oído, que no se podrán contar uno por uno, pero se oirá una nota grave ó profunda que al parecer será continua. Ahora moviendo la rueda *A* con velocidad suficiente, se puede hacer dar á *B* 100 vueltas por segundo; y durante cada vuelta golpeará 100 veces el cartón, que en tal caso recibirá el mismo número de veces igual número de golpes ó vibraciones; de modo que en cada segundo el oído recibirá 10,000 choques y oirá una continua nota aguda. De modo que si se desea averiguar el número de vibraciones que en un segundo corresponden á una nota determinada, lo que hay que hacer es lo siguiente: dar vueltas cada vez más rápidas al manubrio hasta que el instrumento emita por medio del cartón una nota precisamente del mismo tono que la que desea medir y cuando se alcance la velocidad

conveniente, mantener en él la rueda por uno ó más minutos. En conexión con la rueda *B* hay un cuadrante (que en la lámina está separado) y que registra las veces que desde que empieza á girar, golpea la rueda *B* al cartón. Así pues, cuando se mueva el manubrio al compás que produce la nota buscada, obsérvese la posición de la manecilla ú horario del cuadrante, al principio y al fin de un minuto, y suponiendo que por medio del cuadrante se vea que durante el minuto el cartón ha sufrido 60,000 vibraciones, eso corresponde á 1,000 veces en un segundo, de donde se infiere que la nota obtenida es la correspondiente á 1,000 vibraciones transmitidas cada segundo al aire.

## X

## CUERPOS CALIENTES

48. **Naturaleza del calor.**—Se ha visto que de un cuerpo en movimiento puede decirse que posee energía y que lo mismo puede decirse de un cuerpo que vibra. Después se ha observado que un cuerpo vibrando, no por el hecho de vibrar se mueve de un lugar á otro, sino que se mantiene en reposo á pesar de que todas sus partículas se mueven alternativamente de adelante para atrás. Hay que considerar ahora los cuerpos en estado de calor. Ante todo ¿qué es el calor? Supóngase que se tiene una barra de hierro puesta al fuego y sacándola de él cuando está candente se coloca en el platillo de una balanza, se pesa y se deja enfriar. Si el calor hubiera sido algo que hubiere penetrado en la bala, se haría más ligera á medida

que se enfriase. Pues si ese experimento se hace bien se verá que la barra de hierro no pierde peso al enfriarse; y por lo tanto, cualquiera que sea su calor, la presencia de éste no añade ni un gramo al peso de la bala.

Supóngase que una persona se coloca en una balanza muy sensible; si se le echa agua en los oídos aumentará de peso; pero si es un sonido cualquiera el que llega á sus oídos, la balanza no marcará variación. Esto consiste en que el agua es *materia* y pesa, en tanto que el sonido es sólo una especie de *movimiento* vibratorio y no tiene peso alguno. Ahora bien; ¿no es algo parecido lo que sucede en los cuerpos caldeados ó calientes? ¿la comunicación del calor no significará aplicación de una especie de movimiento vibratorio que nada añade al peso del cuerpo? Existen razones poderosas para creer que el calor es una especie de movimiento vibratorio, de modo que cuando un cuerpo se caldea cada una de sus partes, hasta las más insignificantes, están moviéndose, ó para adelante y para atrás ó en círculo. Pero son tan pequeñas esas partículas y tan rápido su movimiento que la vista no puede percibirlo.

Se preguntará entonces; ¿por qué no emite sonidos un cuerpo caliente si, como se dice, sus partículas, están en estado de rápido movimiento? ¿por qué un cuerpo semejante á ese no ha de dar una serie de golpes al aire circunvecino, exactamente lo mismo que los da un cuerpo en vibración ordinaria? Respóndese á esto que un cuerpo caldeado comunica una serie de vibraciones á su *medio ambiente*, que aunque no afectan al oído afectan á la vista y dan el sentido de la luz. Ahora se ve cuan grande es la semejanza entre

un cuerpo sonoro, por ejemplo, una campana y un cuerpo caliente, como una bala calentada á alta temperatura. Las partículas de ambos cuerpos están en estado de rápido movimiento; las de la campana golpean el aire á su alrededor y éste lleva los golpes al oído; las partículas de la bala candente dan también una serie de golpes en el medio ambiente de la bala, que se llama *éter* y rodea todas sus partículas y ese medio lleva los golpes ó vibraciones á la vista. Por esto cuando se hacen experimentos con los cuerpos sonoros, se emplea el oído y con cuerpos calientes la vista. En cada caso hay que hacer dos divisiones, en esta materia, pues en los cuerpos sonoros se han de estudiar primeramente los cuerpos mismos, cuánto tarda la vibración, cómo se efectúa, y así sucesivamente; y en segundo lugar hay que averiguar en qué proporción llegan al oído las vibraciones que dan. En los cuerpos calientes se debe estudiar primero los cuerpos mismos, y después averiguar en qué tiempo recorren el aire los rayos de luz y calor que dan.

**49. Dilatación de los cuerpos cuando se eleva su temperatura.**—Cuando se eleva la temperatura de un cuerpo, casi siempre se dilata, es decir se alarga en todas direcciones. Para probarlo caliéntense un sólido, un líquido y un gas.

**EXPERIMENTO 36°.**—Tómese (Fig. 25) una barra larga de metal, asegurada en un extremo por un tornillo, *B*, y libre por el otro extremo para que pueda dilatarse fácilmente. Cuando lo haga oprimirá la manecilla, *P*, y ésta se elevará; si, pues, la barra se dilata, se verá fácilmente esa dilatación, porque la manecilla cambiará de posición y se levantará. Colóquense ahora dos ó tres lámparas debajo de la barra y calentándola

se hallará que la barra se dilata y empuja la manecilla haciéndola ascender; si se retiran las lám-

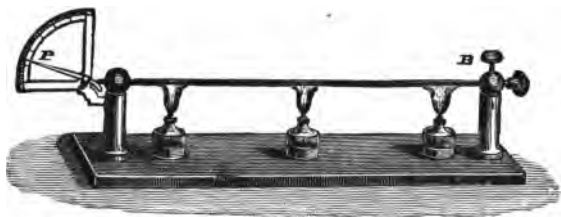


FIG. 25.

paras la barra se enfriará y en pocos minutos volverá la manecilla á su primitiva posición.

**EXPERIMENTO 37°.**—Si se toma un tubo de cristal terminado en una ampolla llena de agua, ésta subirá por al tubo. En este caso se dilatan el agua y el cristal; pero el agua se dilata más y de ahí que pasa al tubo y se dilata con tal fuerza, que si la ampolla no estuviera unida al tubo vacío, la rompería el agua.

**EXPERIMENTO 38°.**—Dilátese ahora un gas, y para esto tómese una vejiga cuyos dos tercios estén llenos de aire, y caliéntese al fuego, pero de modo que no se queme. Á poco se dilatará el aire, de modo que la vejiga aparecerá completamente llena.

**50. Termómetros.**—Por todos esos experimentos se ve que la tendencia del calor es hacer dilatar los cuerpos, ya sean líquidos, sólidos ó gaseosos. Considérese ahora un tubo como el del experimento 37°, pero que la ampolla esté llena de mercurio en vez de agua; cómo se dilatará y subirá el mercurio por el tubo cuando se le aplique calor. Aquí se dilatan dos cosas; en pri-

mer lugar el tubo, hasta el punto de que si midiéramos la ampolla cuando está á su temperatura normal, y luego cuando se calentase, hallaríamos que en el segundo caso es un poco mayor que en el primero. Sin embargo, la ampolla no se dilata tanto como el mercurio; y por consiguiente el mercurio no se contenta con ocupar su antigua posición en el tubo adherido á ella, sino que necesita más espacio, y para tenerlo sube por el tubo, y como éste es muy delgado se llena con poca cantidad de mercurio, cuyas variaciones de nivel pueden seguirse á simple vista. El mero calor de la mano elevará rápidamente el mercurio en el tubo, y un soplo de aire frío lo bajará. Un aparato de esta clase es, por tanto, muy útil para indicar la temperatura de los cuerpos, y es más exacto que el sentido del tacto. Supóngase, por ejemplo, que se introduce la ampolla del aparato en un vaso de agua y que por algunos minutos se deja en ella: entonces la parte superior del mercurio se mantendrá á una altura fija en el tubo; señálese y anótese con cuidado, sáquese del agua y colóquese en otra vasija que contenga el mismo líquido; si éste estuviese á temperatura más elevada que la anterior el mercurio se elevará sobre la marca hecha, es decir, que la parte superior de su columna subirá más, pero si fuera más fría el agua, el mercurio descenderá bajo la marca que se hizo: y así observando la altura del mercurio en el tubo se puede ver al instante si el agua de la segunda vasija está más caliente ó más fría que la de la primera. El instrumento ó aparato que lo señala se llama *termómetro*.

**51. Construcción de un termómetro.**—Para construir un termómetro se toma un tubo de vidrio



muy estrecho y bien graduado, que tenga en uno de sus extremos un pequeño depósito y abierto el otro extremo. Después se calienta el depósito en una llama, y por este medio el aire interior se dilata (exactamente lo mismo que cuando se calentó la vejiga); pero estando abierto el otro

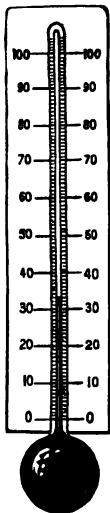


FIG. 26.

extremo del tubo sale por él el aire dilatado. Mas luego, antes de que el aire tenga tiempo de enfriarse se sumerge en una vasija llena de mercurio el extremo abierto del tubo. Recuérdese que el pequeño depósito contiene ahora menos aire que al principio porque el calor desalojó parte de él. A medida que ese aire se enfría disminuye en volumen, y la presión del aire exterior eleva el mercurio hasta que ocupa el espacio vacío, exactamente como elevó el agua en la bomba (párrafo 34); parte de ese mercurio se introducirá, pues, en el depósito. Si se calienta entonces á la llama de una lámpara, el mercurio empezará pronto á hervir y su vapor expelerá el aire hasta que depósito y tubo estén llenos del vapor de mercurio: hecho esto se vuelve á sumergir la extremidad abierta del tubo en la vasija de mercurio. Como

ya no hay aire en el tubo ni en el depósito sino vapor de mercurio al enfriarse éste se condensará y formará un vacío, y el mercurio en que está sumergido el instrumento subirá hasta llenar tubo y depósito, pues el aire exterior ejercerá presión sobre él. Ya lleno de mercurio el instrumento, antes de que se enfríe se cierra el ex-

tremo abierto, derritiendo el cristal hasta expeler todo el aire, lo que da fin á esta parte del procedimiento.

Teniendo ya un tubo termométrico, cuando esté bastante frío se sumerge en una caja que contenga hielo dividido en pequeños trozos y que empiece á derretirse. Como es natural, la columna de mercurio desciende en el tubo, pues el hielo es muy frío, y ya se ha dicho que la columna mercurial desciende cuando el depósito está dentro de una sustancia fría. Al cesar de descender el mercurio se marca con una lima hasta donde llega su columna en el tubo; ese será el punto á que la columna llegará siempre que el instrumento esté dentro de hielo derretido ó de algo igualmente frío. Hecho esto se toma el tubo termométrico, se sumerge en agua hirviendo y se marca la altura á que se haya elevado la columna mercurial; es claro que será mucha porque el mercurio se habrá dilatado considerablemente á consecuencia del calor. Se tienen ya dos marcas: una que denota la altura de la columna mercurial cuando se sumerge en hielo el termómetro; la otra que señala la altura de la misma al sumergirlo en agua hirviendo. Más tarde se verá que el calor del agua hirviendo no es siempre constante, mas por ahora se debe considerar como si se conservara á una temperatura fija.

Marcados los dos puntos sobre el cristal del tubo se entiende que el de abajo corresponde al punto de congelación del agua, y el de arriba al punto de ebullición de la misma; entendido esto, la distancia entre estos dos puntos se dividirá en 100 espacios iguales, lo que se hace revistiendo de cera el tubo y raspando con una aguja la cera en los lugares adecuados. Si se baña el termómetro en

una solución de ácido fluorhídrico, éste, que no afecta á la cera, afectará al cristal, dejará señaladas en el tubo las marcas que se hicieron en la cera, y se tendrá en el termómetro una escala de líneas, por la cual se pueden contar 100 escalones ó grados desde el punto de congelación hasta el de ebullición del agua; cada escalón es un grado más caliente que el de abajo, y más frío que el de arriba. Con llamar "cero" grado (se indica así:  $0^{\circ}$ ) al escalón más bajo, y "100" grados ( $100^{\circ}$ ) al escalón más alto, y con numerar todos y cada uno de los escalones intermedios, ya está completo el termómetro. Un instrumento de esta especie se llama *termómetro centígrado*, lo que significa un termómetro con 100 escalones ó grados, y como esa es la graduación más conveniente, es la que se usará en lo sucesivo.

Si colocado el termómetro en una substancia cualquiera, su columna mercurial se eleva á 10 ó 20 ó 30 grados, se dice que la *temperatura* de esa substancia es de 10 á 20 ó 30 grados, y así sucesivamente. Por tanto, el hielo derretido tiene la temperatura de  $0^{\circ}$  en la escala del centígrado, y el agua hirviendo tiene la temperatura de  $100^{\circ}$  en la misma escala:  $20^{\circ}$  es un calor soportable de verano, y  $35^{\circ}$  es próximamente el calor de la sangre en el hombre. El termómetro es un medio excelente para medir con exactitud la temperatura.

**52. Dilatación de los sólidos.**—Por un método semejante al del experimento  $36^{\circ}$ , si bien más delicado, se ha indagado cuánto se dilatan unas barras de cristal ó de metal entre los puntos de congelación y ebullición del agua, es decir, entre  $0^{\circ}$  y  $100^{\circ}$  del termómetro, y hallado los siguientes resultados:

Dilatación de una barra de 100 metros de largo, entre el punto de congelación y el de ebullición del agua.

Vidrio.....	85 milímetros.
Cobre.....	171 “
Bronce.....	188 “
Hierro dulce.....	120 “
Id. colado.....	109 “
Acero. ....	114 “
Plomo.....	282 “
Estaño.....	196 “
Plata.....	192 “
Oro.....	144 “
Platino.....	87 “
Cinc.....	298 “

**53. Dilatación de los líquidos.**—Los líquidos se dilatan más que los sólidos cuando se eleva su temperatura; pero como no es posible hacer de un líquido una barra, se ha de buscar una medida, por ejemplo, un litro, y averiguar cuál sería la dilatación que al punto de ebullición tomarían 100,000 litros á 0°. Se hallaría que si el mercurio equivalente á 100,000 litros, pasara desde 0° hasta 100°, ó desde el punto de congelación al de ebullición, habría una dilatación equivalente á 1,815 litros; y si 100,000 litros de agua recorrieran la misma escala, habría una dilatación de 4,315 litros. Con este experimento se averigua que: LOS LÍQUIDOS SE DILATAN MÁS QUE LOS SÓLIDOS CON LA MISMA ELEVACIÓN DE TEMPERATURA, Y QUE LOS LÍQUIDOS SE DILATAN MÁS PRONTO Á UNA TEMPERATURA ALTA QUE Á UNA BAJA.

**54. Dilatación de los gases.**—Los gases se dilatan con el calor, pero además del calor hay otras causas que los hacen dilatar. El experimento 25° hace recordar la pelota que empezó á hincharse cuando se sacó el aire de la campana bajo la cual se colocó: por lo tanto, cuando se quiera saber

cuánto se dilata con el calor una cantidad dada de gas, se debe cuidar de que el aire que lo rodea no cambie su presión. Tómese una vejiga que contenga una porción de aire y averígüese cuánto se dilata, cuánto se calienta al aire libre, esto es, bajo la presión constante de la atmósfera, entre el punto de congelación y el de ebullición del agua.

Cuando se hace esto, se observa que si una vejiga, no completamente llena de aire, tiene un volumen igual á 1,000 centímetros cúbicos en el punto de congelación, su volumen será de 1,367 centímetros cúbicos en el punto de ebullición. Si, pues, debajo de una gran cantidad de agua helada se pone esa vejiga, se verá que el agua se eleva en la vasija á un espacio correspondiente á los 1,000 centímetros cúbicos de aire que contiene la vejiga; y ese será el aumento de volumen debido á la vejiga. Pero si se toma la misma vasija, con agua hirviendo en vez de helada y se sumerge en ella la vejiga, se verá elevarse el agua á una altura equivalente á 1,367 centímetros cúbicos, que es el volumen de la vejiga á esa temperatura.

**55. Observaciones acerca de la dilatación.**—Los líquidos y los sólidos se dilatan con inmensa fuerza. Si se llena de agua una esfera de hierro, se cierra herméticamente y se caldea, la fuerza de expansión bastará para reventarla. En los puentes tubulares debe cuidarse de que el hierro tenga espacio en que dilatarse, pues en verano se dilatará algo más que en invierno, y si no tiene espacio para hacerlo puede sufrir un gran perjuicio. Esa fuerza de dilatación está prevista en muchos casos; por ejemplo en la construcción de ruedas de carruaje se pone en estado candente la llanta de hierro, se la aplica á la rueda, y como al en-

friarse se contrae, afianza fuertemente ésta contra aquélla.

**56. Calor específico.**—Para elevar un grado su temperatura, algunos cuerpos requieren más cantidad de calor que otros. La cantidad de calor requerida para elevar un grado de peso de un kilogramo de cualquier substancia se llama CALOR ESPECÍFICO. El agua tiene un grandísimo calor específico; es decir, que para elevar un grado un kilogramo de agua, se requiere más calor que para cualquiera otra substancia. El calor requerido para elevar un grado un kilogramo de agua, elevaría 9 kilogramos de hierro, 11 de zinc y no menos de 30 de oro ó mercurio.

**EXPERIMENTO 39°.**—Para demostrar el gran calor específico del agua, tómense 2 kilogramos de mercurio y elévese su temperatura á la del agua hirviendo, ó sean 100° y mézclese con 1 kilogramo de agua á la temperatura ordinaria. Nótese antes y después de la mezcla, la altura de un termómetro colocado en el agua y se verá que apenas ha ascendido mas de 5°, á pesar de la alta temperatura del mercurio.

**57. Cambio de estado.**—Sábase que existen tres estados de materia; el sólido, el líquido y el gaseoso. Cuando las substancias sufren la influencia del calor, pasan primero del estado sólido al líquido y de éste al gaseoso. Hase visto que el hielo, el agua y el vapor acuoso tienen exactamente la misma composición, y que el hielo se convierte en agua si lo calientan y si se continúa calentando el agua, se transforma en vapor: el mismo cambio se verificará en otras substancias si se hace en ellas un experimento análogo. Para comprobarlo tómese un pedazo de cinc y caliéntese; á poco se derretirá y al fin se convertirá e

vapor de cinc; hasta el hierro y el acero, que son cuerpos tan duros, pueden derretirse y vaporizarse, y por medio de un agente llamado electricidad (de que se hablará más adelante) se puede calentar cualquier substancia lo bastante para convertirla en gas ó vapor. Pero no se puede enfriar todo cuerpo lo necesario para convertirlo en sólido ó líquido. Así, por ejemplo, el alcohol puro no se ha enfriado nunca hasta el punto de convertirse en sólido; pero se sabe que para conseguirlo lo que hay que hacer es obtener frío suficiente para helar alcohol. Sin embargo, fundándose en estas propiedades, á fines del siglo XIX se ha conseguido liquidar el aire y aplicarlo á varios usos, con el nombre de *aire líquido*. No se crea por eso que frío significa algo más que ausencia de calor. Un cuerpo frío es el que tiene poco calor y un cuerpo más frío todavía tiene menos calor; pero hasta el cuerpo más frío tiene siempre algo de calor latente. En este punto no hay que guiarse por el tacto: según el termómetro dos cuerpos pueden ser de igual temperatura y sin embargo parecer uno de ellos más frío que el otro, lo que se comprueba metiendo una mano en agua muy fría y la otra en agua muy caliente, y sumergiéndolas luego las dos á la vez en un barreño lleno de agua á la temperatura ordinaria en cuyo caso el agua parecerá caliente á una mano y fría á la otra. Por esto no debe tomarse más guía que el termómetro ni imaginar que el frío sea otra cosa más que falta de calor.

Si se enfriaran bastante los cuerpos, esto es, si se les quitara calor tomarían la forma sólida; y entonces, cuando se volviera á calentarlos, se convertirían en líquidos, hasta que al fin, calentándolos más y más, se convertirían en vapores. Sin

embargo, habría gran diferencia entre ellos si eso aconteciera. El hielo se derrite si se le aplica calor moderado; el estaño ó el plomo requieren 200 ó 300 grados de calor para fundirse; el hierro lo hace con más dificultad que el plomo; el platino necesita más calor que el hierro. Todo cuerpo muy difícil de fundirse se llama *refractario*.

En la siguiente lista se ve la temperatura á que algunas de las sustancias más útiles empiezan á fundirse.

El hielo se funde á .....	0°
El fósforo " .....	44°
La esperma " .....	49°
El potasio " .....	58°
El sodio " .....	97°
El estaño " .....	235°
El plomo " .....	325°
La plata " .....	1,000°
El oro " .....	1,250°
El hierro " .....	1,500°

El platino es tan difícil de fundir que no se puede decir á qué temperatura entra en fusión. Y todavía es más difícil fundir el carbón de antracita, pues en el fuego más vivo, se mantiene sólido: nadie ha oído hablar jamás de carbones derretidos que se escurrieran por las parrillas de un horno.

Así se ve que la misma especie de cambio se efectúa á merced del fuego en todos los cuerpos: es decir, si se pudiera alcanzar una temperatura suficientemente baja, todos los cuerpos se solidificarían, como el hielo, del mismo modo que si se pudiera obtener una convenientemente alta, todos adquirirían la forma de vapor: el cambio que se opera es siempre del mismo género y nada mejor se puede hacer que usar del agua como tipo (para este fin) de todos los demás experimentos y estudiar el cambio de esa sustancia bajo el fuego, á



contar desde su estado sólido cuando aparece en forma de hielo.

**58. Calor latente del agua.**—Tómese hielo, macháquese y métase en él un termómetro. Supóngase que la escala señala una temperatura de 20 grados por debajo del punto á que se llama  $0^{\circ}$ . Caliéntese ahora el hielo y su temperatura se elevará como la de cualquier otro sólido bajo circunstancias semejantes, hasta que llegue á  $0^{\circ}$ ; pero se detendrá en este punto, y no se elevará más mientras quede hielo. Entonces ¿qué hace el calor, si no eleva más allá de ese punto la temperatura? **DERRITE EL HIELO.** Al principio, el calor se gasta por completo en elevar la temperatura del hielo; pero cuando esa temperatura llega á  $0^{\circ}$ , el calor tiene otro objeto que llenar: su poder se gasta completamente en derretir el hielo, y cuando éste se derrite el agua tiene tan sólo una temperatura de  $0^{\circ}$  y no está más caliente que el hielo derretido. En realidad, el agua á  $0^{\circ}$  es igual al hielo á  $0^{\circ}$  más una cantidad de calor que se llama **CALOR LATENTE** porque no afecta al termómetro.

**EXPERIMENTO  $40^{\circ}$ .**—Esto puede comprobarse colocando hielo machacado, en una caldera de estaño y calentándolo al calor de una lámpara hasta que sólo quede un poco de hielo. Si entonces se sumerge un termómetro en el hielo derretido se observará que la temperatura pasa apenas de  $0^{\circ}$ ; es decir, que el hielo derretido estará tan frío como antes.

**59. Calor latente del vapor.**—Una vez convertido en agua el hielo, si se continúa calentando el agua, su temperatura se elevará del mismo modo que la de otros cuerpos hasta que alcance el punto, de ebullición ó  $100^{\circ}$ . Su temperatura dejará en-

tonces de elevarse y si se continúa calentando el agua, se convertirá en vapor á  $100^{\circ}$ . Así como se necesitó gran cantidad de calor para convertir hielo en agua á punto de congelación, del mismo modo se necesita una gran cantidad de calor para convertir el agua desde su punto de ebullición en vapor; de modo que se puede decir que el vapor á  $100^{\circ}$  es igual al agua á  $100^{\circ}$  mas una gran cantidad de calor que se llama latente porque no afecta al termómetro.

**EXPERIMENTO 41°.**—Esto puede verse hirviendo agua, é introduciendo primero en ella y luego en el vapor, el termómetro. Se hallará que ambos tienen la misma temperatura, ó en otros términos, que el vapor no es más caliente que el agua hirviendo.

Así se ve que el hielo requiere calor latente para convertirse en agua y que ésta requiere también calor latente para convertirse en vapor. Ahora se puede medir la cantidad de calor necesaria para convertir un kilogramo de hielo á  $0^{\circ}$ , en un kilogramo de agua á la misma temperatura y se hallará que se necesita tanto calor para ello como se necesitaría para elevar un grado la temperatura de 79 kilogramos de agua: eso es lo que se quiere indicar cuando se dice que el calor latente del agua es igual á 79. De igual modo se ha averiguado que el calor latente del vapor es 537; esto es, que se emplearía tanto calor en transformar un kilogramo de agua á  $100^{\circ}$  en vapor de igual temperatura, como en elevar un grado la temperatura de 537 kilogramos de agua.

Así como se necesita gran cantidad de calor para derretir hielo, hay que emplear también para ello gran cantidad de tiempo y mejor es que así suceda, pues si el hielo á punto de fusión se hubiera

convertir en agua, de pronto y á cualquier calor, haría inhabitable una gran parte del globo, porque el hielo de las montañas se liquidaría de repente el primer día bueno de primavera y el agua correría con tanta violencia, que barrería cuanto encontrase é inundaría vastas extensiones de tierra. Asimismo es preferible que se necesite gran cantidad de calor para convertir en vapor el agua desde su punto de ebullición; porque suponiendo que el agua hirviendo se convirtiera de pronto en vapor, ocurrirían tantas explosiones de vasijas de toda especie que no se podrían preparar muchos de los alimentos más comunes y resultaría imposible el uso de las máquinas de vapor.

Ya se ha dicho que el vapor es un gas como el aire y se sabe que no es posible ver el vapor verdadero. Cuando en una caldera hierve agua, no se puede distinguir lo que hay en su superficie y sólo cerca de una pulgada más arriba se percibe una nube; cuando una locomotora arroja vapor, tampoco se nota nada cerca de la boca de la chimenea, sino que un poco más arriba se ve una nube también. Pues bien, esa cosa invisible que sale es verdadero vapor y la nube visible no es más que gotas de agua formadas por el vapor á medida que se enfría: por tanto, eso no es vapor, sino agua: como el aire ó cualquier otro gas, el verdadero vapor es invisible.

**6o. Ebullición y evaporación.**—Se ha hablado del vapor producido por el agua que hierve. Pero no ha querido decirse que el agua no produce vapor alguno antes de hervir. Obsérvase que un caldero de agua, puesto al fuego, produce vapor mucho antes de empezar á hervir y que cualquiera cosa húmeda ó empapada en agua, se seca al fuego; es decir, que el agua se disipa en forma

de vapor. Pues cuando éste se produce de agua que no hierve se llama **EVAPORACIÓN**; y si de agua hirviendo **EBULLICIÓN**. La diferencia consiste en esto: cuando se calienta agua al fuego, el calor tiene que hacer dos cosas: primera, calentar el agua; segunda, evaporar parte de ella. Pero cuando la temperatura del agua se eleva á  $100^{\circ}$  ó punto de ebullición, no puede calentarse más, y como toda la fuerza del fuego se gasta en convertir el agua en vapor, éste se escapa no sólo de la superficie de ella, sino de su fondo; por eso se oye un ruido, que se llama ebullición, cuando las burbujas del vapor se elevan por el agua y se escapan al aire.

**61. El punto de ebullición depende de la presión.**—La temperatura ó calor á que hierve el agua no es un punto perfectamente fijo como el del hielo derretido, sino que depende de la presión del aire. Si se disminuyera la presión del aire, el agua herviría á menos de  $100^{\circ}$ . Ya se dijo que la presión del aire es menor en la cumbre de una montaña escarpada que en su falda, porque la cumbre está á mayor altura, y por lo tanto, hay en ella menos peso ó presión de aire. Pues bien: en la cumbre del Monte Blanco, en Suiza, que tiene 5,000 metros de alto, el agua hervirá á  $85^{\circ}$ ; y si un viajero tratara de cocer un huevo sobre la cumbre de ese monte, pasaría el huevo en el agua hirviendo horas enteras sin endurecerse. Por otra parte, si hubiera que hervir agua en el fondo de una mina muy profunda, el punto de ebullición estaría muy por encima de  $100^{\circ}$ .

**EXPERIMENTO 42°.**—Por los siguientes experimentos se verá que la temperatura del punto de ebullición depende de la presión del gas ó aire

sobre la superficie del agua. Tómese un frasco de cristal refractario y llénese de agua hasta la mitad; hágase hervir el agua por algún tiempo, hasta que el vapor haya expelido todo el aire de la parte superior del frasco, de modo que sólo quede en él agua y vapor de agua. Tátese bien, y retirándolo de la lámpara, inviértase, como se representa en la Fig. 27. Cuando haya dejado de hervir, tómese una esponja, derrámese sobre la super-



FIG. 27.

ficie del frasco algunas gotas de agua fría y se verá cómo vuelve á hervir el agua que contiene el frasco. La razón de esto es muy sencilla: antes de derramar agua fría existía una presión considerable de vapor sobre el agua del frasco, y esa presión impedía que hirviese; pero el agua fría produjo el efecto de condensar el vapor,

y, por tanto, de disminuir su presión; y como el agua hierve mejor á baja que á alta presión, inmediatamente empezó á hervir el agua del frasco. Antes de pasar á otro asunto conviene saber que algunos cuerpos se dilatan, mientras otros se contraen en el acto de fundirse; es decir, al pasar del estado sólido al líquido.

**EXPERIMENTO 43°.**—Si se coloca en agua un

trozo de hielo, se verá que es más ligero que aquélla, pues flota en su superficie. Al pasar del estado de hielo al de agua, hay una gran contracción de substancia. El hierro fundido se contrae, como el hielo, cuando se derrite, ó lo que es lo mismo, se dilata como el agua cuando se hiela ó se hace sólida, y en consecuencia, si se echa hierro líquido en un molde cuando se solidifique se dilatará hasta el punto de llenar todos los huecos del mismo. Por el contrario, el oro, la plata y el cobre se dilatan cuando se funden y se contraen cuando se solidifican y por lo tanto no llenarán como el hierro los huecos de un molde, y por eso las monedas hechas de estos metales no se funden en moldes sino que se acuñan. Sin embargo, todas las substancias se dilatan mucho cuando se convierten en gas, y un centímetro cúbico de agua hirviendo se convertirá en vapor que ocupa cerca de 1,700 centímetros cúbicos.

**62. Otros efectos del calor.**—Ya se ha visto que el calor dilata ó agranda, en general, los cuerpos, y que también es causa de que cambien de estado, pasando del sólido al líquido, y de éste al gaseoso, á medida que el calor continúa haciéndose sentir. Se conoce cuán poderoso agente es el calor cómo con él se convierte en una masa tan blanda como miel, la barra de hierro más fuerte y dura; y cómo, si todavía la calientan más aún, se convierte en gas. El calor afecta de otros muchos modos á los cuerpos, y especialmente promueve en ellos atracción química. Á temperatura baja, el carbón no se combina con el oxígeno del aire, y se puede guardar aquél en subterráneos, por mucho tiempo. Mas en cuanto se le aplica fuego, se opera la combinación; y como ésta, á su vez, produce calor, el procedimiento de la combinación continúa, y se

dice que el carbón arde. De igual modo, en el experimento (Nociones de Química) en que se combinan el azufre y el cobre, se aplica fuego con el objeto principal de promover una combinación; pero iniciada ésta, se produce calor, y el fenómeno continúa por sí mismo, sin requerir ningún calor extraño.

63. **Mezclas frigoríficas.**—En las Nociones de Química, ya mencionadas, se dice que la unión química produce calor; y eso es siempre cierto. No obstante á veces dos sustancias que tienden á formar una disolución se mezclan produciendo frío y no calor. Así, la sal común y la nieve tienden á formar una solución, y al hacerlo producen mucho frío, ó para hablar más correctamente, absorben una considerable cantidad de calor.

EXPERIMENTO 44°.—Para demostrar eso, mézclase rápidamente nieve ó más bien hielo, con sal común, y póngase dentro de la mezcla el termómetro. Pronto bajará á menos de 0° el mercurio; demostrando así que la mezcla es más fría que el hielo. Y ¿por qué? porque después de mezclarse las sustancias, se obtiene un líquido y no un sólido; en este caso es la sustancia líquida que se llama salmuera. Ahora bien: se ha dicho que el calor se absorbe ó se hace latente cuando los cuerpos pasan del estado sólido al líquido; por ejemplo, cuando el hielo se hace agua. Por tanto, siendo la salmuera un líquido, absorbe parte del calor de la nieve y la sal, y la consecuencia es que se obtiene un líquido muy frío como resultado de la unión de dos cuerpos sólidos. Así, cuando dos cuerpos sólidos se disuelven uno á otro, se observa frecuentemente un descenso de temperatura á consecuencia del calor absorbido por el líquido. De esos cuerpos se dice

que forman mezclas frigoríficas. De igual modo, si un líquido se evapora muy pronto, parece que es intensamente frío, porque para hacerse vapor ó gas requiere gran cantidad de calor y lo toma donde puede. Por eso, un poco de éter derramado en la mano parece muy frío, y á poco se disipa en forma de gas; lo que ha hecho es arrebatarse gran cantidad de calor á aquélla con objeto de evaporarse. Haciendo evaporar muy rápidamente ciertos líquidos, pueden producirse temperaturas bajas y fríos intensos.

**EXPERIMENTO 45°.**—Para probar esto échese un poco de agua en una vasija, colóquese al lado de otra que contenga ácido sulfúrico concentrado bajo la campana de la máquina neumática y extraíase el aire. Á medida que disminuya la presión de éste, se evaporará muy rápidamente el agua, á causa de que el ácido sulfúrico absorbe el vapor de agua tan pronto como se produce, y perderá ésta tanto calor de su propia substancia que se convertirá en hielo.

**64. Distribución del calor.**—Considérese ahora la tendencia que tiene el calor á distribuirse. Un cuerpo caliente no se mantendrá siempre en ese estado sino que compartirá su calor con los cuerpos más fríos que lo rodean, y siempre lo hará, de diverso modo según las circunstancias.

**EXPERIMENTO 46°.**—Por ejemplo, introdúzcase en el fuego el extremo de una barra de hierro y se verá que el calor se extiende hasta el otro extremo, de tal modo que pronto la barra se pondrá tan caliente que será imposible tocarla con la mano. Este paso del calor á lo largo de la barra se llama CONDUCCIÓN DEL CALOR.

**EXPERIMENTO 47°.**—Si se toma un frasco lleno de agua en sus dos tercios y se calienta por de-



bajo, como las partículas inferiores del agua son las primeras que se calientan, se dilatan y en consecuencia se aligeran y suben al cuello del frasco (por la misma razón que un corcho sube en el agua) y son reemplazadas por partículas más frías, y, por lo tanto, más pesadas. Así es que vienen sometiéndose continuamente al calor de la lámpara nuevas series de partículas, hasta que al fin toda el agua se calienta y comienza á hervir. Este fenómeno se llama CIRCULACIÓN DEL CALOR.

Sin embargo, ninguno de estos procedimientos puede explicarnos el por qué del calor que nos llega del sol. Ya sea por conducción ya por circulación, el calor se acarrea por medio de las partículas de materia sólida ó líquida; pero hay motivos para creer que entre la tierra y el sol no existen tales partículas, al paso que se sabe que la luz y el calor del sol emplean menos de 8 minutos en llegar de la distancia de 150 millones de kilómetros que lo separan de la misma. Es, pues, evidente, que el calor que llega del sol, se mueve con inmensa velocidad y no llega en virtud de la combustión de las partículas que medien entre el sol y la tierra; así se ve que en un día muy frío, en que el aire se puede decir que hiela, los rayos del sol tienen gran fuerza. El procedimiento por cuyo medio se hace sentir el calor del sol ó de cualquiera otro cuerpo caliente se llama RADIACIÓN DEL CALOR. Existen, pues, tres modos muy diferentes de comunicarse el calor de un cuerpo caliente á uno frío: á saber, conducción, circulación y radiación, que deben estudiarse por orden.

**65. Conducción del calor.**—Al hablar de la barra puesta por un extremo al fuego, se dijo que al fin concluía el otro extremo por calentarse mucho. Mas si, en vez de una barra de metal,

se pusiera al fuego una varilla de vidrio ó barrita de mármol, la extremidad que estuviera al aire no se calentaría mucho, porque el vidrio y el mármol no son tan buenos conductores del calor como el metal. Todavía son peores conductores la lana y las plumas; y hé ahí el por qué la Naturaleza ha proveído con esas sustancias al vestido de los animales; porque el calor de un animal es generalmente mayor que el de las sustancias que lo envuelven, y ese calor no pasa pronto por la lana, cuero ó piel de que aquél está cubierto. Así sucede en el caso de las calderas de máquinas: cuando se desea mantener el fuego en ellas, se cubren con sustancias no conductoras. Puede usarse un mal conductor, no sólo para mantener el calor, sino para alejarlo; la franela, por ejemplo, puede usarse para arropar nuestro cuerpo, con objeto de mantenerlo caliente, ó también para cubrir un pedazo de hielo del que se desee alejar el calor.

EXPERIMENTO 48°.—Es fácil demostrar que diferentes sustancias tienen diferente poder con-

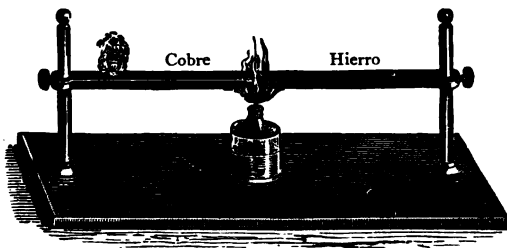


FIG. 28.

ductor. La Fig. 28 muestra dos barras, una de cobre y otra de hierro unidas por sus extremos,

los que se aplica el calor de una lámpara. Después que ésta arde por algún tiempo, tómense dos trozos de fósforo, colóquese uno en el extremo de la barra de hierro y otro en el de la barra de cobre y ambos lejos de la llama. El colocado sobre el cobre se inflamará enseguida y el que está sobre el hierro no se inflamará. Eso prueba que el calor de la lámpara es conducido más intensamente por el cobre que por el hierro, ó en otros términos, que el cobre es mejor conductor del calor que el hierro. La conducción del calor explica la acción de la lámpara de seguridad que Humphry Davy inventó para uso de los mineros. En las Nociones de Química se describe esa lámpara.

**66. Circulación del calor.**—Si se toma una vasija llena de agua y en la superficie de ésta se coloca otra vasija con aceite ó grasa hirviendo, se verá cuán poco á poco baja el calor: en realidad, casi será imperceptible la elevación de temperatura en la parte inferior de la vasija que contiene el agua. Pero si en vez de calentar por arriba, se calienta por debajo la vasija de agua (Fig. 29), se verá cuán poco tarda el agua en calentarse y en hervir. Como ya se ha visto, las partículas calentadas se aligeran, y al subir son reemplazadas por otras más frías y pesadas; de modo que, según indican las flechas de la figura, el agua que se calienta sube por en medio, y el agua fría baja por los lados á calentarse. La Naturaleza presenta muchos ejemplos de circulación: por ejemplo, en un lago enfriado en su superficie por la acción de un frío intenso. Las partículas superficiales se enfrían primero, y haciéndose más pesadas, se sumergen y son reemplazadas por otras más calientes y más ligeras que suben á la superficie; y así es como,

en breve tiempo, se enfría toda una capa de agua hasta llegar á  $4^{\circ}$  sobre cero; después de lo cual, y al revés de la práctica usual de las cosas, el agua se dilata en vez de contraerse, y cuando se forma el hielo, flota sobre la capa superior de agua, por ser mucho más ligero el hielo que el agua. Si el hielo fuera más pesado que el agua, se iría al fondo al formarse; la capa subsiguiente de agua quedaría expuesta al frío de la atmósfera, y el lago se helaría de arriba abajo. Pero el frío no puede



FIG. 29.

penetrar en la segunda capa de agua sino á través de la primera, y como este procedimiento es muy lento, no hay peligro de que un lago se hiele todo entero. También en el aire existen fuertes corrientes debidas al calor, y á eso se debe que el aire caliente de un hogar suba por la chimenea y sea remplazado por el aire frío de la habitación; y el mismo hecho en grande escala se verifica en el sistema de los vientos, pues en la parte de la tierra llamada ecuador, donde el sol es más fuerte, el aire caliente sube del mismo modo que el de un hogar sube por la chimenea. Ese aire es reemplazado entonces por corrientes

que recorren la superficie de la tierra, desde los polos ó porciones más frías del globo. De modo que en el ecuador hay un sistema de corrientes superiores que llevan calor hacia los polos por las regiones superiores del aire, y también existen corrientes inferiores que vuelven á traer desde los polos el aire ya enfriado. Estas corrientes superficiales que se dirigen desde los polos al ecuador, se llaman VIENTOS ALISIOS.

**67. Calor y luz radiantes.**—El tercer modo por el cual comunica su calor un cuerpo caliente es la radiación; y por ese procedimiento llega el calor del sol á la tierra. Si una persona se coloca delante de un hogar sentirá inmediatamente la impresión del calor en su rostro. Hasta un caldero lleno de agua hirviendo lanza calor radiante, aunque sus rayos no llegan á la vista ni la impresionan con el sentido de la luz, como los del fuego ó los del sol. Así, cuando se calienta un cuerpo, una bola de yeso, por ejemplo, sucede algo semejante á lo siguiente: la bola empieza de pronto á elevar su temperatura, y en consecuencia, á despedir rayos de calor, que no afectan la vista. Á medida que continúa el procedimiento, algunos de estos rayos empiezan á afectar la vista y el calor de la bola se eleva al rojo, luego pasa al amarillo, luego al blanco, y por último se ilumina con una luz intensa que podría compararse á la del sol. Aunque sea con brevedad, deben estudiarse ahora esos rayos brillantes que lanza un cuerpo caliente.

**68. Velocidad de la luz.**—Römer, astrónomo danés, fué el primero que descubrió la velocidad con que la luz atraviesa el espacio. Para saber lo que eso significa, recuérdese lo que acontece cuando vemos disparar á lo lejos un cañón. Se ve el fogonazo y pocos segundos después se oye la deto-

nación ; es evidente, pues, que el sonido no llega al oído en el momento mismo de dispararse el cañón. Pero ¿ llega la luz á un observador en el momento mismo del disparo ? ¿ No parten luz y sonido al mismo tiempo empleando ambos algunos segundos en llegar hasta aquél, ganando la luz más tiempo y llegando primero ? Sólo por medio de la observación y el experimento puede resolverse este punto, y así fué como Römer lo consiguió. El planeta Júpiter está á veces muy lejos de la tierra y otras comparativamente cerca ; tiene varios satélites, uno de los cuales pasa á intervalos regulares por el disco ó superficie de Júpiter, de modo que usando un telescopio poderoso se ve el pequeño satélite como si fuera un cuerpo negro que cruzara el ancho disco del planeta. Pues bien, Römer descubrió que, cuando Júpiter estaba muy lejos de la tierra parecía que el satélite tardaba más de lo necesario en cruzar, y de eso infirió que desde la tierra no se ve el paso del satélite por el disco de Júpiter en el momento en que se efectúa, sino después, porque la luz emplea algún tiempo en llegar desde el planeta hasta los ojos del observador, exactamente lo mismo que la detonación emplea algún tiempo en hacerse oír.

Así se ve que la luz, como el sonido, emplea tiempo en recorrer el espacio ; si bien la velocidad de la luz es mayor que la del sonido, pues aquélla recorre 300,000 kilómetros por segundo, mientras que el sonido es de poco más de 300 metros por segundo. La luz del sol no tarda mas que 8 minutos en llegar á la tierra, á pesar de que la distancia es de 150 millones de kilómetros. No por eso debe suponerse que la luz consiste en partículas pequeñas arrojadas por cuerpos calientes, ni que son esas partículas las que recorren el espacio á razón de

300,000 kilómetros por segundo: si tal fuera un rayo de luz destrozaría á cualquier ser viviente. Puede decirse que un rayo de luz entra por los ojos al modo que el sonido entra por los oídos y ya se ha explicado que cuando se oye una detonación no quiere decirse que llegan partículas de aire desde el cañón ó el fusil al oído, y asimismo cuando se ve un rayo de luz no significa que un cuerpo brillante expida partículas pequeñas. Lo que en ambos casos sucede es que entre el cuerpo sonoro ó el brillante y la vista del observador pasa un impulso ú oleaje, y que ese impulso, oleaje ó golpe va de partícula en partícula al modo que ya se ha explicado en el experimento de las bolas de marfil (párr. 44).

**69. Reflexión de la luz.**—Cuando la luz hiere una superficie pulimentada de metal, es reflejada por ella: si se enciende una vela delante de un

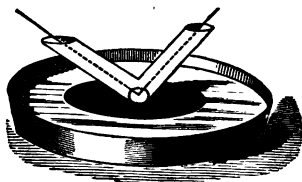


FIG. 30.

espejo se verá en él su imagen, lo que quiere decir que los rayos de luz de la vela chocan con la superficie del espejo y son reflejados desde ella.

**EXPERIMENTO 49°.**

—Para comprender como actúa la reflexión elíjase una superficie de metal horizontal y pulimentada; es decir, échese mercurio en una vasija ancha y de fondo llano. Colóquese sobre el mercurio un tubo en forma de ángulo, que tenga una abertura, como en la Fig. 30 é introdúzcase una vela encendida por el extremo derecho del tubo: si se aplica un ojo al otro extremo se verá la luz de la vela como si saliera

reflejada de la superficie del mercurio. En este experimento, por lo tanto, la luz baja por uno de los tubos, choca con la superficie del mercurio y por el otro tubo sube hasta el ojo: mas para que se realice este fenómeno son necesarias dos cosas: primera, que los dos tubos tengan una misma INCLINACIÓN; segunda, que UN TUBO ESTÉ EXACTAMENTE OPUESTO AL OTRO, de modo que si se colocaran horizontalmente quedarán en la misma línea. Siempre, pues, que un rayo de luz choque con una superficie pulimentada, el rayo reflejado se eleva desde ella con la misma inclinación con que cae el primero, y ambos rayos, si se pudiera imaginarlos ajustándose á la superficie, formarían una sola línea.

Sin saber geometría no es posible comprender de un todo las leyes

de la reflexión; pero la presente figura facilita entenderlas mejor hasta cierto punto. En ella, se supone que  $A$  es un punto brillante que despiende luz, y  $MM$  es un espejo. Sean  $AB$  y  $AB'$  dos rayos de la luz de  $A$  que chocan con el espejo en  $B$  y en  $B'$ . Esos rayos se elevarán al ojo del observador en la dirección de  $BD$  y de  $B'D'$ , pues la inclinación descendente del rayo  $AB$  es igual á la ascendente de  $BD$ . Si ahora se imagina la dirección de los dos rayos  $BD$ ,  $B'D'$  pro-

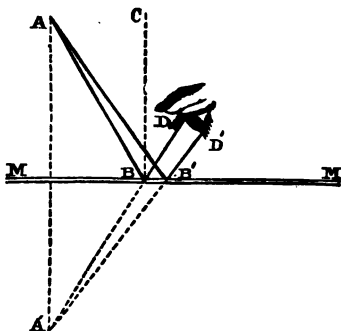


FIG. 31.



longándose por detrás del espejo, se encontrarán en  $A'$ , punto situado debajo del espejo y á una distancia de él igual á la que se encuentra el punto  $A$  por encima. Para el ojo, por tanto, los rayos procederán, al parecer, de  $A'$ , pues la aparente posición de la imagen reflejada  $A'$  está tan por detrás del espejo como el brillante punto  $A$  está delante. Así, pues, siempre que una persona se

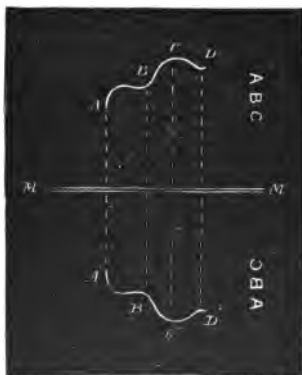


FIG. 32.

coloque frente á un espejo verá su imagen reflejada en él á una distancia igual á la que la separa de su superficie: si la persona se acerca al espejo la imagen reflejada se acerca también y si la primera se aleja la segunda también se alejará y así siempre. No obstante se nota esta diferencia: *que la mano derecha del observador es la mano izquierda*

*de la imagen y el lado derecho del primero corresponde al izquierdo de la última, pero fuera de esto la imagen es una copia perfecta de la persona que se pone delante del espejo.*

La Fig. 32 presenta en la parte inferior la imagen de la parte superior y se nota como en la imagen las letras van de derecha á izquierda y no de izquierda á derecha. Cuando la brillante superficie reflectora no es plana se producen á veces extrañas imágenes. Obsérvese, por ejemplo, la superficie brillante del mercurio contenido

en el depósito del termómetro y se verá una pequeña y contrahecha imagen del que mira y de toda la habitación y las partes lejanas de ésta aparecerán de proporciones excesivamente pequeñas. Tómense también un par de espejos cóncavos, como los de la Fig. 23, solo que, en vez de poner un reloj en el foco de uno de los espejos y el oído en el otro, colóquese en uno una bala candente y en el otro la mano, é inmediatamente se sentirá calor en ella. Si se toman dos reflectores grandes de esa especie y en el foco de uno de ellos se enciende fuego, en el foco del otro se podría asar carne, aunque distasen algunos metros. La razón de esto es que los rayos del calor procedente del foco en que está el fuego, chocan con el espejo que tienen cerca y se dirigen al otro reflector, en donde se reflejan de nuevo, y de tal modo que todos concurren en el foco del segundo reflector.

**70. Desviación ó refracción de la luz.—EXPERIMENTO 50°.**—Póngase un cuerpo pequeño y

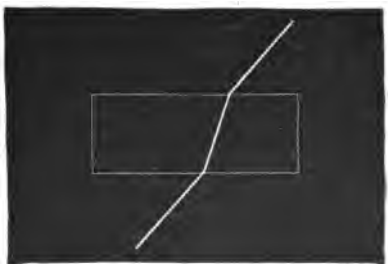


FIG. 33.

pesado en el fondo de un jarro de peltre ó loza, y míresele de modo que el borde del jarro oculte

el cuerpo ; llénese entonces de agua el jarro, y el pequeño cuerpo se hará visible. Esto ocurre porque el rayo de luz del pequeño objeto que hay en el fondo del agua, se desvía de la línea recta, y

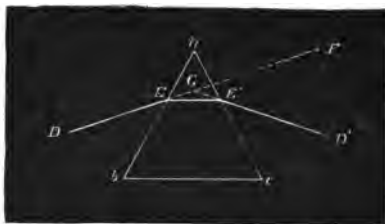


FIG. 34.

puede verse aquél; y si el objeto fuera un pececillo, él podría ver también á quien lo mirara. Cuando un rayo oblicuo de luz choca con una superficie de agua, se desvía de modo que es menos oblicuo después de entrar en ella; y si un rayo de luz sale del agua, se desvía de modo que es más oblicuo al penetrar en el aire. Lo mismo sucedería si el rayo de luz penetrara en una superficie transparente de cristal, en vez de una de agua: un rayo oblicuo lo sería menos después de penetrar en el cristal. En un pedazo grueso de cristal plano, el rayo de luz tomaría la dirección que presenta la Fig. 33, en donde se ve



FIG. 35.

que antes de entrar en el cristal, y después de haber salido, lleva la misma *dirección* (aunque no en la misma *línea*) mientras que en su paso por el cristal tiene una dirección completamente distinta.

Pero supóngase que el pedazo de cristal no es plano, sino de forma tal que cuando se le coloca horizontalmente sobre una hoja de papel se ve como en la Fig. 34 y si en posición vertical como en la Fig. 35. Un pedazo de cristal parecido á ese se llama *prisma*. La manera como se refracta ó desvía un rayo de luz al pasar por un prisma se ve en la Fig. 34 en la cual el rayo se refracta hacia la parte ancha del prisma; en suma, la dirección del rayo cambia por completo.

**71. Lentes; imágenes que producen.—**

Considérese ahora un cristal en forma distinta á la anterior. Supóngase que sea circular, pero más ancho hacia el medio y más delgado hacia los extremos de modo que parezca un círculo visto por una dirección y se asemeje á la Fig. 36 si se mira de lado. Ese pedazo de cristal se llama *lente*. Véase ahora lo que acontecería si cayera sobre ella un haz de rayos de luz: la lente actuaría como una cuña



FIG. 36.

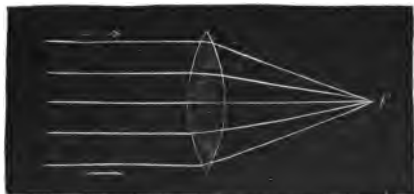


FIG. 37.

circular, pues como tal puede ser considerada y siendo más ancha en su punto medio, los rayos de luz se refractarían todos hacia él, viniendo á concurrir en un mismo punto *F*, poco más ó menos, según se verá en la Fig. 37. Supóngase

también que se coloca una lente de modo que los rayos del sol choquen de lleno contra su superficie; esos rayos irán á parar á un mismo punto, poco más ó menos, al otro lado de la lente; y si en este punto se coloca un pliego de papel se verá una imagen brillante y pequeña del sol que con su intenso calor quemará la hoja: en realidad, la lente obraría en ese caso como un espejo ustorio.

EXPERIMENTO 51º.—Una lente reproducirá la imagen de cualquier objeto con tanta perfección como la del sol; por ejemplo, si se hace que los rayos de luz de una vela caigan sobre una lente

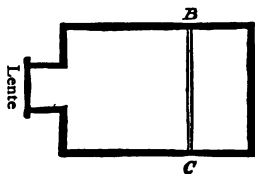


FIG. 38.

y detrás de ésta se coloca un pedazo de papel aceitado, sobre él se reflejará una imagen de la vela, pero una imagen invertida. Si se coloca cualquier objeto brillante frente á una lente á distancia, detrás de ella se verá la imagen de

aquél y si se coloca un observador en frente de la lente, detrás de ella aparecerá su imagen reducida. Eso es precisamente lo que hace el fotógrafo, quien se vale de una cámara oscura con una lente en un extremo, según puede verse en la Fig. 38. Dirige aquélla hacia un paisaje ó una persona y reproduce por este medio la imagen que se propone, después de haberse cerciorado de la limpieza del vidrio. Entonces retira la lámina de vidrio deslustrado y pone en su lugar una plancha de vidrio cubierta de cierta substancia que la luz descompone. Desde este momento la imagen interior cae sobre esa substancia química sensible y las partes brillantes de aquélla

operan sobre la substancia y cambian la naturaleza de la superficie, sin que ejerzan ninguna influencia sobre ella las partes oscuras de la imagen. De este modo la imagen estampa su propia impresión sobre la substancia, pero en esa impresión las partes brillantes de aquélla aparecen oscuras y éstas brillantes y por eso se llama *negativa*. De esa negativa se sacan después las *positivas* ó sean las reproducciones fotográficas.

**72. Vidrios de aumento.**—Una lente puede emplearse para ampliar ó agrandar cualquier cosa muy pequeña, formando así el vidrio de aumento, que es un instrumento muy conocido. Para manejarlo, póngase el cristal muy cerca del objeto que se desea ampliar; de modo que no se puede ampliar un objeto distante, como un planeta pero sí uno cercano. Si se desea ampliar un planeta hay que usar dos cristales, uno grande, por cuyo medio se obtiene una imagen del mismo (exactamente como por medio de un espejo ustorio se obtiene la imagen del sol), y el otro un cristal de aumento con el cual se examina y agranda la que da el otro cristal.

Así, para ampliar un objeto próximo se usará un ampliador, pero si se quiere ampliar uno distante, ante todo se debe obtener, por medio de una lente, una imagen de él, y operando entonces sobre ella como se haría con el objeto mismo, se podrá examinar y ampliar por medio de un vidrio de aumento. Esta combinación de dos cristales, uno de los que da la imagen del objeto distante al paso que el otro la amplía, se llama *telescopio*; en la práctica los cristales están encerrados en tubos para graduar y encauzar la luz.

**73. Las distintas clases de luz se refractan de diferente modo.**—Ya se ha visto cómo se refracta

un rayo de luz al pasar por un prisma, pero esa refracción no es la misma para cada género de luz. La Fig. 39 muestra cómo un rayo de luz roja se refracta al pasar por un prisma; si en vez de rojo el rayo fuera anaranjado, amarillo, verde, azul, añil ó violeta, cada uno de ellos se apartaría más que el anterior de su ángulo original. Ahora bien, si el rayo de luz fuera un rayo compuesto que contuviera combinados todos esos siete colores, cada uno de ellos se refractaría de distinto modo á medida que saliera del prisma, se separaría, por tanto, de los otros y en consecuencia se verían separados esos colores, á pesar de que estaban combinados al penetrar en el prisma. Así, pues, un prisma descompone un rayo de luz compuesto en sus colores elementales, separándolos unos de otros.

Tal vez sorprenda saber que la luz blanca, tal como la del sol, se compone de una mezcla de los varios colores ya enumerados; rojo, anaranjado, amarillo, etc.; pero bastará reflexionar un momento para ver que eso cierto. Conocido es el magnífico efecto de los colores que se ven en las gotas de rocío, en los cristales y en las joyas, cuando caen rayos de luz sobre ellos. Entonces resplandecen con las tintas del arco iris, y esta exacta comparación convida á preguntar si los matices del arco iris no se deben á la misma causa que los colores de las joyas. ¿No se deben á la misma causa todos esos efectos de color? y si se deben ¿cuál es la causa? Su descubrimiento es obra de Isaac Newton, que fué el primero en mostrar que la luz blanca se compone de gran cantidad de rayos luminosos diferentemente coloreados y combinados, y que esos rayos, al atravesar ciertos cuerpos, se separan

unos de otros. Como ya se ha visto, el prisma separa unos de otros los elementos diversamente coloreados de un rayo de luz compuesto.

Supóngase, por ejemplo, que se hace una hendidura vertical en el postigo ó ventanillo de una cámara oscura, y se deja pasar á través la luz del



FIG. 39.

sol: en la Fig. 39 se ve un plano que lo ilustra, visto de arriba hacia abajo, como si fuera á vista de pájaro.

Si prescindiendo del prisma, se mira desde *E* hacia la hendidura del ventanillo situado en *S* se verá una raya brillante y nada más: la hendidura servirá de orificio por el cual se pueden ver los rayos del sol. Interpóngase luego un prisma, según se ve en el plano, y al hacerlo, el ojo del observador, colocado en el punto *E* ya no verá más la hendidura: sin embargo, si se desvía la vista hacia la parte más espesa del prisma se verá otra vez la luz procedente de la hendidura, pero apareciendo muy cambiada; ya no será tenue y brillante, como anteriormente sino que formará una banda de luz de diversos colores, empezando por el rojo en un extremo, y pasando gradualmente y por orden al anaranjado, amarillo, verde, azul, añil, hasta el violeta en el otro extremo.

Todo esto puede explicarse fácilmente por lo que ya se ha dicho, si se recuerda que la luz blan-



ca está realmente compuesta de todos los colores combinados. No sólo, por tanto, se refractan los rayos al pasar por el primero, sino que se refractan desigualmente. Se tendrá, por tanto, multitud de imágenes de la hendedura pequeñas y brillantes, unas al lado de otras que formarán una banda de luz ; el color rojo quedará á un extremo, porque los rayos rojos se refractan menos, y en el otro extremo estará el color violeta, porque es el que más se refracta. Estas bandas de luz diversamente coloreadas se llaman *espectro*; y si es la luz del sol la que se emplea para iluminar se tendrá el *espectro solar*.

74. **Recapitulación.**—Ya se ha hablado bastante de la luz y calor radiantes. En primer lugar, se sabe que, cuando se empieza á calentar un cuerpo, primero despide rayos oscuros; y después, al elevarse su temperatura, esos rayos se hacen luminosos y capaces de afectar la vista. En seguida se habló algo de la reflexión de esos rayos sobre las superficies pulimentadas. Se dijo también cómo la dirección de esos rayos se desvía, sesga ó refracta al pasar por el agua ó un cristal; y cómo un prisma de cristal refracta hacia su parte más ancha los rayos de luz. Inmediatamente después se hizo notar que una lente refracta los rayos por todo su alrededor hacia su centro ó parte más ancha; y cómo, si se deja caer luz del sol sobre una lente, se obtiene una imagen reducida de dicho astro, imagen que encenderá un pliego de papel ó quemará la mano. Se ha observado también que la luna ó un planeta darán, por medio de una lente, una imagen del mismo género; y como, si por medio de un vidrio de aumento se aproxima esa imagen y se mira, se verá en realidad una luna ó un planeta realmente grande; y

se dijo que esa combinación de dos lentes se llama telescopio. Finalmente, sábese que un prisma separa en diferentes direcciones los rayos de luz diferentemente coloreados; de modo que un prisma separa todos los elementos de un rayo de luz compuesto.

Ahora, antes de terminar, debe estudiarse algo la naturaleza del calor.

**75. Naturaleza del calor.**—Ya se ha comparado el calor al sonido y dicho que un cuerpo caliente es un cuerpo que tiene energía. Volviendo otra vez á esa comparación, en el sonido hay dos cosas que estudiar: primera, el cuerpo que vibra; segunda, los impulsos que ese cuerpo envía por medio del aire y que hacen oír un sonido. Pues bien; se dijo que un cuerpo caliente es aquél en que las partículas pequeñas están en rapidísima vibración, y que, del mismo modo que un cuerpo vibrante lanza sonidos que chocan con el oído, así un cuerpo suficientemente calentado despidе luz que choca con la vista. Mas ¿cómo se hace para que un cuerpo, una campana ó un tímpano, por ejemplo, vibren? Golpeándolos: si se lanza rápidamente el badajo contra la pared de la campana, ésta empieza á vibrar: como ese badajo, antes de chocar con la campana, es un cuerpo en movimiento rápido, posee energía ó puede hacer trabajo. Y después de chocar ¿qué se hace la energía del badajo? Se la ha transmitido á la campana, puesto que la campana vibra y ya se ha dicho que un cuerpo vibrante posee energía. Así, la energía del golpe dado á la campana no se pierde, sino que se transmite del badajo á la campana. Supóngase ahora que un herrero coloca un pedazo de plomo en el yunque y descarga un martillazo sobre el plomo: se oirá un golpe sordo, pero no una vi-

bración como en la campana. ¿Qué se hizo la energía del golpe, puesto que no se transformó en vibración como la de la campana, que puede chocar con el aire? Se transformó en calor. El golpe calentó el plomo y puso en vibración todas sus partículas, aunque no en vibración como las de la campana; y si el herrero golpeará mucho el plomo, tal vez lo derretirá. Al limpiar un botón de metal con un pedazo de paño, por ejemplo, se gasta energía, que se transforma en calor, como se comprueba tocando aquél con la mano.

EXPERIMENTO 52°.—Para probar cómo se cambia la energía de un golpe en esa otra energía que se llama calor, tómese un fósforo, colóquese sobre una piedra, y golpeándolo se verá que el calor desarrollado es bastante para inflamar el fósforo.

Así se ve que la fricción produce calor, y puede observarse que en una noche oscura las cadenas que unen los coches de un tren, producen chispas. En todos esos casos se cambia una energía efectiva y visible en otra de forma distinta que se llama calor: la diferencia está en que, en la energía visible, el cuerpo se mueve como un todo ó como masa, en la misma dirección y al mismo tiempo todas sus partículas; al paso que en la energía invisible ó calor, la masa ó el cuerpo entero queda en reposo, y sus partículas se mueven de adelante para atrás, y viceversa. Así se ve que la energía visible puede cambiarse en calor, y más adelante, se sabrá que el calor puede, hasta cierto punto, volver á transformarse en energía visible. En el caso de una máquina de vapor ¿qué es lo que trabaja? ¿No es el calor del fuego que calienta el agua de las calderas? En ese caso, parte de la energía invisible ó calor del carbón encendido se cambia real y efectivamente en energía visible,

que mueve de arriba abajo el pistón y hace rodar las ruedas. En realidad, todo el trabajo de las máquinas de vapor es obra del calor. Así, pues, se ve que no sólo se puede cambiar una energía efectiva en calor, sino que, en las máquinas de vapor, se puede cambiar el calor en energía efectiva.

## XI

### CUERPOS ELECTRIZADOS

**76. Cuerpos buenos y malos conductores.**—Más de dos mil años hace, se sabía que cuando se frota con seda un pedazo de ámbar, éste atrae cuerpos ligeros; y hace cerca de trescientos años que el Dr. Gilbert probó que otros muchos cuerpos, como el azufre, el lacre, el cristal, tienen la misma propiedad. Ese fué el oscuro principio en que se basó el conocimiento de la *electricidad*, conocimiento que tanto ha aumentado en estos últimos años, y que ha hecho posible enviar en menos de un segundo, despachos telegráficos de América á Europa y viceversa.

**EXPERIMENTO 53°.**—Tómese una barra de metal que tenga un mango de vidrio, y frótese con un pedazo de seda el vidrio, después de haber calentado bien seda y vidrio. Éste adquirirá entonces el poder de atraer pedacitos de papel ó esferillas de medula de saúco; pero sólo en el punto donde se frotó. Se ve que el vidrio adquiere por fricción una nueva propiedad, pero esa propiedad no puede por sí misma extenderse por su superficie. Si se toma ahora la barra de metal y se toca con ella el ápice del conductor de una má-

quina eléctrica en actividad: se observará que la barra de metal adquiere la misma propiedad que el vidrio; es decir, atrae cuerpos ligeros, como papel ó medula de saúco; pero todas las partes de la barra tendrán la misma propiedad, aunque sólo una de ellas toca la máquina eléctrica. En realidad, la influencia eléctrica puede esparcirse por sí misma por una superficie de metal, pero no por una de vidrio. Por tanto, se dice que el vidrio *es mal conductor* de la electricidad, al paso que el metal *es buen conductor*. Ni el calor ni la electricidad se difunden fácilmente por el vidrio, en tanto que uno y otra pueden hacerlo con facilidad en el metal: el carbón vegetal, los ácidos, las sales solubles, el agua y los cuerpos de los animales son buenos conductores de la electricidad, aunque no tan buenos como los metales; mientras que el caucho, el aire seco, la seda, el vidrio, la cera, el azufre, el ámbar, son muy malos conductores. Si se desea hacer experimentos eficaces con la electricidad, es absolutamente necesario conservarla cuando se obtenga; á ese fin, debemos rodearla por todas partes de cuerpos malos conductores. Es, por tanto, de grande importancia, el hacer en aire seco los experimentos, y sostener en pies de vidrio el cuerpo que contiene electricidad.

**77. Dos clases de electricidad.**—EXPERIMENTO 54°.—Existen dos clases de electricidad. Para probarlo, hágase uso del aparato que muestra la Fig. 40, el que consiste de una bolita medular, ó hecha de medula, suspendida de una hebra de seda á un pie de cristal. Ante todo, frótese con seda una barra de vidrio, que se aplicará á la bolita. Esta quedará cargada de electricidad, que no perderá por impedirlo los malos conductores: la

hebra de seda, el pie de vidrio y el aire (si es seco) que la rodean. Ahora se verá que cuando se acerca el vidrio electrizado á la bolita, ya no vuelve ésta á ser atraída por la barra de cristal, sino, al contrario, repelida. Frótese con una franela seca y caliente una barra de lacre, y aproxímese á la bolita: se verá que ésta, que fué repelida por el vidrio excitado será atraída por el lacre electrizado. De aquí se deduce que una esferilla hecha de medula de saúco será repelida por un vidrio electrizado si antes se tocó con él, y será atraída por lacre electrizado.



FIG. 40.

Si ahora se invierte la operación y ante todo se toca con lacre electrizado la bolita, ésta será repelida por otro lacre y excitado y atraída por un vidrio electrizado. Ahora, se toca con vidrio excitado la bolita de medula, se le comunica parte de la electricidad del vidrio, y como después éste la repele, se deduce *que los cuerpos cargados con la misma clase de electricidad se repelen unos á otros*. Después de cargada con la electricidad del vidrio, la bolita será atraída por una barra de lacre electrizada; de donde se deduce *que los cuerpos cargados con electricidad opuesta ó de distinta clase, se atraen unos á otros*.

**78. Ambas electricidades existen combinadas en cuerpos no excitados.**—Puédese suponer que cada

substancia contiene una cantidad de esas dos clases de electricidad combinadas, y que, al frotar, lo único que se hace es separarlas una de otra. En consecuencia, cuando se frota con franela un pedazo de lacre, todo lo que se hace es separar las dos clases de electricidad; una de las cuales se conserva en el lacre, mientras que la otra se queda en la franela. De igual modo, todo lo que se hace cuando excitamos con seda al vidrio, es separar las dos electricidades, una de las cuales permanece en él, al paso que la otra va á la seda. Siempre que se desarrolla por frotamiento la electricidad, el cuerpo frotante queda cargado de una clase de ésta; y el cuerpo frotado, de la misma cantidad de electricidad contraria. En resumen: la electricidad no se crea, sino que, según este modo de considerarla, se separa de otra con que está combinada. La que aparece en un pedazo de vidrio frotado con seda, se llama *positiva*; y la que aparece en una barra de lacre frotada con franela, se llama *negativa*. Esos términos se usan solamente para distinguir las dos clases de electricidad.

**79. Acción de los cuerpos electrizados ó excitados, sobre los no excitados.**—Se ha visto que las electricidades de la misma clase se repelen, mientras que las de clase distinta se atraen; pero todavía queda por ver lo que sucedería en el caso siguiente. Sea *A* (Fig. 41) una esfera grande y hueca de latón amarillo, con un tubo también de esa substancia á su izquierda, y sostenida sobre un pie de vidrio, para que no se escape la electricidad que contenga. Sean *B* y *C* dos cilindros de latón, que por el medio (en el punto indicado en la lámina) puedan separarse para que no se escape de ninguno de ellos la electricidad que contengan; colóquense ambos

cilindros sobre pies de cristal. Empiécese por suponer que *A* está cargada de electricidad positiva, y que *B* y *C* no tienen carga ninguna; empújese ahora éstos hacia *A*. Como *B* y *C* no están electrizados, sus dos electricidades no están separadas

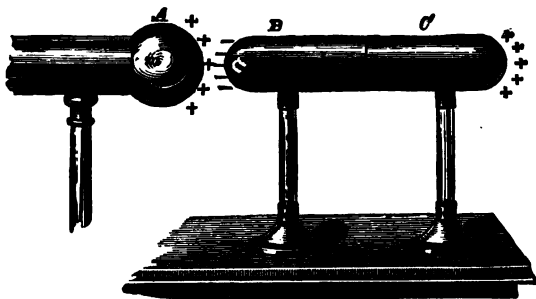


FIG. 41.

una de otra, sino mezcladas, y al aproximar á *A* los cilindros *B* y *C*, la electricidad positiva de *A* atrae la negativa de *B* hacia el extremo de este cilindro, y repele la positiva hacia el extremo derecho del *C*, del modo que se indica en la figura. Si se separa primero *C* de *B* y luego *B* de *A*, se obtendrá una cantidad de electricidad negativa en *B*, y otra cantidad de electricidad positiva en *C*, separadas ya una de otra, mientras que la de *A* continúa siendo la misma que era. No se ha hecho más que emplear la electricidad positiva de *A* en separar una de otra las dos electricidades combinadas en *B* y *C*, dejando íntegra y pronta á servir la de *A*. Ahora bien: el servicio ó auxilio prestado por la electricidad positiva de *A* en separar la combinada en *B* y *C*, es lo que se llama *inducción eléctrica*.



80. **La chispa eléctrica.**—Mas se puede hacer de un modo algo distinto este experimento. Aproximense lentamente los cilindros *B* y *C* á la esfera *A*. Cuando *A* y *B* estén muy próximos se hallarán separadas una de otra la electricidad positiva de *A* y la negativa que por inducción apareció en *B*, por sólo un poco de aire, hasta que al fin es tan imperceptible la separación y tan fuerte la atracción de las dos electricidades, que se precipitan una sobre otra en forma de chispa. La consecuencia de este choque ó reunión de las dos electricidades será que *A* pierde una porción de su electricidad positiva, y *B* toda la negativa que tenía. Si entonces se aleja á *B* y *C*, este cilindro conservará todavía la electricidad positiva que adquirió por inducción: en efecto, mientras que *A* perdió una parte de su electricidad positiva, *C* ha ganado igual cantidad; de modo que el resultado es virtualmente el mismo que si parte de la electricidad de *A* hubiera pasado á *C*.

81. **Varios experimentos.**—Lo que se ha dicho de la inducción eléctrica puede ilustrarse fácilmente por unos cuantos experimentos sencillos y curiosos; pero debe recordarse que en todos ellos ha de estar seco y caliente el vidrio del aparato.

EXPERIMENTO 55°.—En la Fig. 42 se ve un aparato por cuyo medio se puede saber si un cuerpo está electrizado. Se llama *electroscopio de hojas de oro* y se compone de un frasco de vidrio cuya boca está cerrada por un tapón cubierto de lacre; á través de aquél pasa un vástago metálico que termina por su parte superior en una esfera, y sostiene en su extremo inferior, dentro del frasco, dos hojas de papel de oro. Para ver cómo funciona, comuníquese ante todo una ligera carga de electricidad positiva á la esfera ó remate.

Como las hojas están cargadas de electricidad de la misma clase, empiezan á repelerse, según se ve en la figura. Desde ese instante queda en acción el electroscopio.

**EXPERIMENTO 56°.**—Ya cargado con electricidad positiva el electroscopio, si se acerca á su remate una varita de vidrio excitada, las hojas de oro se separarán aún más entre sí. La razón de esa divergencia ó repulsión de la electricidad comunicada al remate del aparato, estriba en que la electricidad positiva del vidrio excitado, descompone la electricidad neutra del remate y atrae la electricidad negativa y repele la positiva hacia las hojas de oro, aumentando la carga de éstas; por cuyo razón se repelerán ahora con más fuerza todavía.



FIG. 42.

**EXPERIMENTO 57°.**—Si se acerca al remate del electroscopio (cargado como antes de electricidad positiva), una barra de lacre excitado, las hojas de oro se unirán en vez de separarse. La razón de esto es que la electricidad negativa del lacre descompone la electricidad neutra del remate, atrayendo la positiva y repeliendo hacia el oro en hojas la negativa. Mas como las hojas estaban antes cargadas de electricidad positiva, parte de esa carga se anulará por la electricidad negativa que va hacia ellas y se unirán.

**EXPERIMENTO 58°.**—Tómese una esfera hueca de latón sostenida por un pie de vidrio ó aislador,

Acercando aquélla á la máquina eléctrica cuando ésta funcione, se obtendrá una chispa, aunque será muy débil: tocando ahora con el dedo la parte de la esfera que está más lejos de la máquina, la chispa será mucho más intensa. Esto ilustra lo que en el párrafo 8o se dijo acerca de la causa de la chispa. La electricidad positiva de la máquina atrae hacia sí la electricidad negativa de la esfera, y aleja cuanto puede la positiva: pero si se aislara esa esfera, la electricidad positiva no podría alejarse bastante, ni podrían separarse mucho las dos electricidades, y la consecuencia sería una chispa débil. Mas cuando se toca la esfera de latón, la electricidad positiva de ésta pasa por el cuerpo del experimentador al suelo; de ese modo quedan separadas las dos electricidades, y se produce una fuerte chispa.

**82. Efecto de las puntas.**—En el experimento anterior, si se hubiera continuado tocando la esfera de latón y la máquina se hallara en actividad, hubiera pasado una serie de chispas desde el cuerpo al suelo causándonos una prolongada sensación nada agradable. La chispa de la máquina eléctrica puede compararse á un rayo, pues en realidad podemos decir que un rayo es una chispa larguísima. Pues bien; exactamente lo mismo que cuando á un hombre lo hiere un rayo la electricidad pasa por su cuerpo al suelo; así cuando se toca la esfera ya citada la electricidad pasa del cuerpo al suelo.

**EXPERIMENTO 59°.**—Únase ahora un vástago metálico terminado en punta á la esfera hueca y aproxímese al conductor de la máquina, tocando la esfera como antes, con un dedo: se verá que es imposible obtener de la máquina una sola chispa y además se entablará una corriente continua

de electricidad. Esto consiste en que todo lo que es puntiagudo conduce la electricidad y la pierde á medida que se produce, sin darle tiempo para reunirse y formar una chispa: así se comprende el objeto de los conductores metálicos puntiagudos que se colocan en edificios elevados con objeto de preservar á éstos del rayo. Esos conductores bajan de lo alto hasta la tierra y conducen la electricidad al interior de la misma, y exactamente lo propio hace el vástago metálico en la máquina eléctrica; y así como la punta protegió de la chispa el dedo del experimentador, del mismo modo el pararrayos protege contra un rayo el edificio. Franklin fué el primero en descubrir que el relámpago y la electricidad son la misma cosa, y que la única diferencia que entre ellas hay, es que un relámpago tiene á veces muchos kilómetros de extensión, y que la chispa eléctrica no tiene más que algunos centímetros.

83. **Máquina eléctrica.**—Ahora se está ya en aptitud para comprender la construcción y mecanismo de una máquina eléctrica. Ésta se compone de dos partes: ante todo, existe un medio de producir electricidad, y después otro de recogerla ó acumularla.—Una de las máquinas eléctricas más conocidas es aquélla en que la electricidad se produce por medio de una rueda giratoria de vidrio, como la que se ve en la Fig. 43. Á medida que se hace girar esa rueda frota ó roza contra dos pares de almohadillas, uno superior y otro inferior. Esas almohadillas se hacen generalmente de cuero henchido de crin, con objeto de apretarlas más contra la rueda de vidrio: además están revestidas de un metal blando, distribuído sobre el cuero, y que se compone generalmente de una parte de cinc, otra de esta-

ño, y dos de mercurio amalgamadas. Una cadena metálica pone en comunicación esas almohadillas entre sí, y con el suelo. Ahora, cuando la rueda ó lámina de vidrio gira, se produce electricidad positiva en ella y en las almohadillas, nega-



FIG. 43.

tiva. Ésta pasa entonces por la cadena metálica que está en contacto con las almohadillas, al suelo, en el que se difunde y se pierde por completo. De ese modo desaparece la electricidad negativa, y sólo queda la positiva en la rueda de vidrio. Rodeando por el medio á ésta, hay dos barras de latón provistas de dientes ó puntas, que están unidas á una ancha superficie de metal, llamada *conductor*: como se ve en la figura. Ese conductor está sostenido por pies de vidrio, de modo que pueda conservar la electricidad que le llegue. Al pasar la rueda, cargada de electricidad positiva, por entre las barras, descompone la electricidad neutra de éstas y del conductor; atrae la electri-

cidad negativa, que neutraliza la suya, y rechaza la positiva, que queda en el conductor; y como éste está sostenido por pies de vidrio, conserva ó retiene la electricidad; por eso haciendo girar algún tiempo la rueda de vidrio se puede acumular una gran cantidad de electricidad positiva en el conductor. La rueda de vidrio no cede electricidad al conductor, lo único que hace es descomponer su electricidad neutra y apoderarse de la negativa, con lo cual quedará el conductor cargado de electricidad positiva.

**EXPERIMENTO 60°.**—Si, cuando el conductor de la máquina eléctrica está cargado de electricidad se acerca á él un dedo, entre el conductor y el dedo salta una chispa. La razón de esto es que la electricidad positiva del conductor separa las dos electricidades reunidas en el dedo, repeliendo la positiva, que es de la misma especie que ella y que lleva al suelo por medio del cuerpo del experimentador, atrayendo al mismo tiempo la electricidad negativa. Las dos electricidades, á saber, la positiva del conductor y la negativa del dedo saltan á través del aire y al unirse forman una chispa.

**84. Botella de Leyden.**—**EXPERIMENTO 61°.**—Así, pues, cuando se aproxima un dedo ó un nudillo á una máquina eléctrica se siente un ligero estremecimiento al pasar la chispa, y nada más.

Para sufrir un choque fuerte hay que emplear en el experimento una botella de Leyden, como la representada en la Fig. 44. Esa botella es de vidrio y su interior está revestido de hojas de papel de estaño, así como también el exterior hasta cerca del cuello. En contacto con el revestimiento interior de estaño, hay un vástago de latón que termina en botón y que se mantiene firme,

porque pasa por la tapa de corcho que cierra la boca de la botella. De modo que ésta tiene dos



FIG. 44.

revestimientos, uno interior y otro exterior, que están separados uno de otro, en cuanto concierne á la electricidad, puesto que los divide el vidrio de que está hecha la botella, y el vidrio no es conductor, ó es mal conductor de la electricidad. Tómesese la botella por su cubierta exterior, y póngase el botón en que re-

mata la barra metálica en el interior del jarro, en contacto con el conductor de una máquina eléctrica en actividad. La electricidad positiva de la máquina penetrará en el revestimiento interior de la botella; descompondrá las dos electricidades del revestimiento exterior, repeliendo por medio de la mano y cuerpo del operador la electricidad positiva al suelo, y atrayendo la negativa.

Por consiguiente, el revestimiento interior de la botella quedará cargado de electricidad positiva, y el exterior de electricidad negativa. Lo contrario tendría lugar si, cogiendo la botella por el extremo del vástago de latón, se pone en contacto con la máquina eléctrica su revestimiento exterior; en este caso, la electricidad negativa se encontraría en el interior de la botella. Repitiendo varias veces uno de estos procedimientos, se conseguirá acumular grandes cantidades de electricidad en los dos revestimientos de la botella, positiva en uno y negativa en el otro.

Si se desea descargar la botella se empleará el

*excitador* que, según se ve en la Fig. 45 está formado por dos arcos de latón, reunidos por una charnela, terminados en bolas del mismo metal y provistos de su mango de cristal cada uno. Para manejarlo se toma por los mangos y se coloca uno de sus remates en la cubierta exterior de la botella, poniendo gradualmente el otro casi en contacto con el botón de la barra que penetra en la botella: cuando se hallan bastante cerca uno de otro brota una chispa eléctrica acompañada de una detonación, y la botella queda descargada. Si una persona desea experimentar el choque de las dos electricidades le bastará tocar la cubierta exterior con una mano

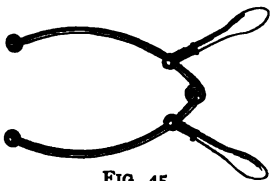


FIG. 45.

y aproximar la otra al botón que comunica con el revestimiento interior: entonces la descarga se verificará por medio de su cuerpo. Si son muchos los que desean experimentar el choque, les bastará darse la mano uno al otro: el primero tocará con la mano que le queda libre la cubierta exterior de la botella y el del otro extremo la pondrá sobre el botón de la misma; entonces el choque de las dos electricidades, interior y exterior se verificará en el cuerpo de los que forman la cadena.

**85. Energía de los cuerpos electrizados.**—Por lo que se ha dicho se debe estar ya convencido de que la electricidad es un agente que contiene energía. Se ve que las dos electricidades opuestas de la botella se atraen y se unen y que esa unión va acompañada de una chispa y una detonación. La primera es brillantísima y aunque no



dura más que la  $\frac{1}{24000}$  parte de un segundo, representa una cantidad considerable de calor. Ahora bien; calor significa energía y así se ve que cuando se descarga la botella de Leyden, la especie de energía á que se llama electricidad se cambia en otra forma de energía á que se da el nombre de calor y luz. Puesto que la electricidad es un poderoso agente requiere trabajo que lo produzca y ese trabajo es el que se ejecuta al dar vueltas al manubrio de la máquina eléctrica, y como ésta se hace más difícil de manejar á medida que acumula electricidad, eso demuestra que *con nada no se hace nada*, y que si se quiere obtener un agente enérgico se tiene que emplear trabajo para obtenerlo. Por lo demás, cuando las dos electricidades se combinan no hay desaparición de energía, sino solamente cambio de la forma de electricidad en la de calor.

**86. Corrientes eléctricas.**—Ya se ha visto que cuando se aproxima un conductor terminado en punta, á una máquina eléctrica en actividad, del conductor y de nuestro cuerpo (pár. 82), hay una *corriente continua* ó corriente de electricidad, que por medio de la punta y de la mano, pasa al suelo. Mas, para obtener poderosas corrientes eléctricas, existe un medio mucho mejor que el que dan las máquinas eléctricas. Volta fué el primero en descubrir ese método, por lo cual se llama método ó *batería de Volta*. La Fig. 46 es un dibujo de ese aparato. En él, y á la extremidad izquierda, se ve una plancha de cobre, *c*; además de ésta, á la derecha, hay una plancha de cinc, *z*, que está soldada á un alambre que la pone en contacto con la plancha de cobre de la segunda vasija, en la cual se encuentra otra plancha de cinc, que á su vez está en contacto con el cobre de la tercera vasija.

Por último, en la vasija del extremo derecho hay una plancha de cinc. Supóngase ahora que esas vasijas están llenas de una mezcla de ácido sulfúrico y agua, y que se unen alambres al cobre de la extrema izquierda, y también al cinc del extremo derecho, poniendo en contacto esos alambres

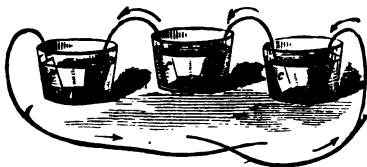


FIG. 46.

(ó polos de la pila ó batería). Se verá entonces que hay una corriente de electricidad positiva que pasa por el circuito en la dirección que indican las flechas. Siguiendo su curso se observa que en primer lugar, sale del alambre fijo á la plancha de cobre de la extrema izquierda, y como se ve en la figura sigue á lo largo de los alambres, hasta que entra en la plancha de cinc de la extrema derecha; pasa por el líquido hasta que llega á la plancha de cobre, desde la cual sigue por el alambre á la plancha de cinc más próxima; luego continúa por el líquido de la vasija del centro á la plancha de cobre de la misma vasija, y desde allí llega á la plancha de cinc de la vasija de la izquierda, desde donde va á parar al punto de que partió primero.

87. **Batería de Grove.**—El aparato descrito fué el usado por Volta; pero desde aquella época se han hecho muchos adelantos en el método de obtener una corriente de electricidad. Se descubrió que con el aparato ó pila de Volta, la corriente

eléctrica, que en los primeros momentos era muy fuerte, se debilitaba á poco; y se buscó y se encontró un método por el cual se mantiene siempre con la misma fuerza. Ese método para producir una corriente eléctrica de energía constante se llama *batería de corriente constante*, y una de las mejores es la inventada por Grove (véase la Fig. 49). En esa batería, en vez de un vaso sencillo, se usa uno doble; el exterior, de vidrio; el interior, de loza porosa. El vaso exterior, ó de vidrio, está, en parte, llena de agua acidulada con ácido sulfúrico. Dentro de él se encuentra una plancha de cinc (amalgamado por la parte exterior), según se ve en la Fig. 49. Dentro del vaso poroso se derrama ácido nítrico, y en él se introduce una plancha delgada de platino, que hace las veces del cobre en el aparato de Volta. Cuando se pone en acción esa batería, el cinc y el ácido sulfúrico descomponen el agua, durante cuya operación se desprende gas hidrógeno. Pero ese hidrógeno no se eleva en forma de burbujas, sino que se abre camino por la vasija porosa que contiene ácido nítrico: descompone este último, tomando luego oxígeno hasta convertirse en agua (pues el oxígeno y el hidrógeno forman agua) y transformando así el ácido nítrico en ácido nitroso, el que se manifiesta por medio de vapores de color anaranjado subido. Por esto el hidrógeno no llega á la plancha de platino, pues para impedirlo se adoptó el sistema de las baterías constantes, porque se halló que en la pila primitiva de Volta, el hidrógeno producido al descomponerse el agua se adhería á la plancha de cobre, á consecuencia de lo cual se debilitaba mucho la batería.

Lo que se acaba de describir no es más que uno de los vasos de la batería de Grove, pues de

esos hay hasta 50 ó 100 en una batería grande de esa clase, porque el alambre sujeto al platino de un vaso está en contacto con el cinc del otro, del mismo modo que en la pila ó batería de Volta : la única diferencia consiste en que, en lugar de cobre hay platino, y en lugar de un vaso sencillo uno doble. Además, la corriente positiva pasa por el líquido desde el cinc al platino, exactamente lo mismo que pasaba por el líquido desde la plancha de cinc á la de cobre, en el aparato de Volta.

**88. Propiedades de la corriente.**—Véase ahora lo que una corriente eléctrica puede hacer, efectuando con este objeto algunos experimentos.

**EXPERIMENTO 62°.**—Si se prepara una batería de Grove, y se introduce un pedazo de alambre delgadísimo de platino entre los dos polos ó alambres de la batería; hecha la conexión, y al pasar la corriente, se verá que el alambre de platino está candente.

**EXPERIMENTO 63°.**—Preparando la batería de Grove, é insertando sus dos polos ó alambres en dos tubos invertidos que contengan agua, según se indica en la Fig. 47, se verá que la corriente des-

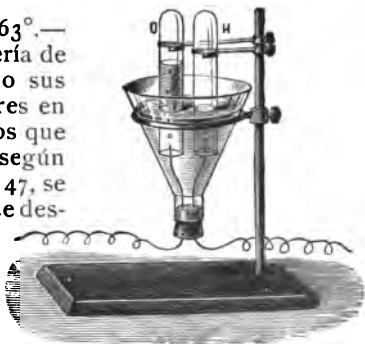


FIG. 47.

compone el agua, y que el gas oxígeno aparecerá en uno *O*, y el hidrógeno en el otro *H*. El oxígeno aparecerá en el polo que está en contacto con la plancha de platino, al paso que el hidrógeno aparecerá en el que está

en contacto con la plancha de cinc. Así se ve que la pila ó batería de Grove tiene el poder de descomponer el agua. También descompone otros líquidos.

**EXPERIMENTO 64°.**—Si se toma un alambre de cobre forrado, con objeto de aislarlo; y ese alambre se enrolla alrededor de un trozo de hierro en forma de herradura; aproximando los dos polos de la batería Grove á las dos extremidades del alambre de cobre que envuelve al hierro; si la batería está en acción, se verá que el hierro adquiere la propiedad de poder atraer hacia sí otro hierro, de suerte que suspenderá un peso muy grande, como se ve en la Fig. 48. Sin embargo, en cuanto se rompe la conexión entre la herradura y la batería, cesa

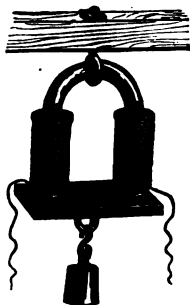


FIG. 48.

ese poder, y el peso que estaba suspendido del hierro, caerá de pronto al suelo.

**EXPERIMENTO 65°.**—Tómese un pedazo de acero; una aguja de hacer medias, por ejemplo, y sujétese al hierro de la herradura de que se habló, en tanto que pasa la corriente eléctrica. Esa aguja habrá adquirido ciertas propiedades que, á diferencia del hierro dulce, no habrá perdido al alejarse la corriente eléctrica, sino que conservará para siempre. Por ejemplo, si de una hebra finísima de seda se suspende por el medio la aguja, y se deja balancear horizontalmente, siempre señalará la misma dirección, que será próximamente norte y sur. En realidad, la aguja se habrá convertido en aguja de brújula, que indicará

siempre la misma dirección y servirá al marino para tomar en alta mar el rumbo adecuado. Un pedazo de acero que posee estas propiedades se llama *imán*; y la aguja así preparada, se llama *aguja imantada*.

EXPERIMENTO 66°.—Suspéndase ahora horizontalmente una aguja imantada ó magnética á un eje, y señalará próximamente la dirección norte y sur. Pero aproximándole un alambre por el cual pase una corriente eléctrica, se verá que ya la aguja no marca la dirección norte y sur, sino que se situará de modo que forme ángulo recto con el alambre que conduce la corriente. Si se interrumpe la corriente, la aguja volverá á su dirección acostumbrada.

EXPERIMENTO 67°.—Puédese hacer más claro el último experimento por un medio idéntico al indicado en la Fig. 49. Supóngase que se tiene una batería Grove en un extremo del laboratorio, y que se llevan al otro extremo dos alambres fo-

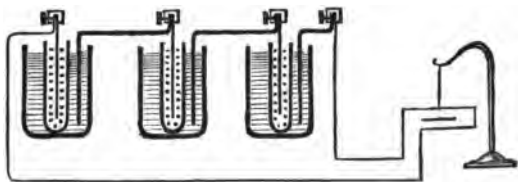


FIG. 49.

rrados y puestos en contacto con los dos polos de la batería: en cuanto se reúnen los alambres, queda ya puesta en acción la pila. Más lejos, en el extremo más distante de la batería se encuentra una aguja imantada suspendida, que está situada cerca del alambre, y que, al pasar la corriente, declinará ó se desviará con violencia. Pues bien:

si alguien, desde el extremo opuesto, separara el alambre del contacto de uno de los polos de la batería, en ese instante cesaría la corriente y la aguja magnética volvería á su posición normal.

**89. Telégrafo eléctrico.**—De aquí se desprende que, separando del contacto de la batería el alambre, en uno de los extremos del laboratorio, se hace mover en el mismo instante la aguja en el otro extremo. Esto sucedería aun cuando los alambres unidos á los polos se llevaran á unos 500 y aun 5,000 kilómetros de distancia, antes de juntarse. Si una aguja magnética se colocara cerca del alambre que condujera la corriente, declinaría ó se desviaría, aun cuando el alambre estuviera á 5,000 kilómetros de la batería; mas, tan pronto como la otra extremidad del alambre se separara del polo de la batería cesaría la corriente y la aguja imantada volvería á su antigua posición. Así se ve *que estableciendo ó interrumpiendo el contacto de un alambre con el polo de una batería se puede mover una aguja imantada á 5,000 kilómetros de distancia.* Ese es el principio del telégrafo eléctrico, que efectúa tan grandes maravillas en lo referente á las facilidades de comunicación. Aunque la índole de esta obra no permite tratar más á fondo este asunto, se ha dicho lo bastante para hacer comprender que es posible electrizar un alambre á distancia de millares de kilómetros y que, á semejanza de lo que acontece en el alfabeto de sordo-mudos, esas señales del alambre pueden servir para la transmisión del pensamiento.

**90. Conclusión.**—Ya se sabe lo que puede hacer la corriente eléctrica; cómo, en primer lugar, puede calentarse un delgado alambre que recorra; cómo puede descomponer el agua y otros cuerpos compuestos; cómo puede también con-

vertir un pedazo de hierro dulce en imán poderoso; cómo, además puede hacer de un pedazo de acero un imán permanente y cómo, por último, puede desviar la aguja de la brújula, haciendo, por tanto posible el telégrafo eléctrico á millares de leguas de distancia. En los últimos años se han hecho grandes adelantos en materia de electricidad y de sus aplicaciones, entre las cuales, además de los progresos en telegrafía se deben mencionar la luz eléctrica y el teléfono. También se aplica la electricidad en medicina, en las artes, en la industria como fuerza motriz y de otros muchos modos, según se verá en el capítulo final de este libro y en la *Cartilla de Electricidad*.



FIG. 50. — Lámpara de luz eléctrica.

Primero, se habló de todos los cuerpos en movimiento; después, de los cuerpos vibrantes; luego, de los cuerpos calientes; por fin, de los cuerpos electrizados; y en todo el curso de estas tres lecciones, se ha tratado de probar que la actividad que puede poseer un cuerpo no se pierde nunca por completo, ni se pierde en realidad. Puede pasar á otro cuerpo, ó cambiar de forma, pasando de energía visible á sonido, ó á calor, ó á electricidad, ó cambiando en diferentes direcciones y de diversos modos; pero de esa actividad nada se pierde nunca como nada, ni la partícula más pequeña se pierde jamás de la materia;



porque nada perece, todo se transforma. Así como la Química está fundada en el principio de que la materia no hace más que cambiar de forma, pasando de una á otra combinación, sin desaparecer nunca en lo absoluto, así la Física está basada en el principio de que la actividad ó energía sólo cambia de forma, y nunca desaparece por completo.

## XII

### APLICACIONES MODERNAS DE LA FÍSICA

HAY varias aplicaciones modernas de las leyes físicas, que después de lo aprendido en los capítulos anteriores, son ya más fáciles de comprender por los jóvenes estudiantes, y vamos á tratar de las principales.

91. **Fonógrafo.**—El fonógrafo es un aparato destinado á reproducir los sonidos y por lo tanto la voz humana. El primitivo, inventado por Edison, está constituido por un cilindro cuyo eje se prolonga á sus dos lados; una de estas prolongaciones es un tornillo terminado en un manubrio: el cilindro tiene una ranura helizoidal del mismo paso que el tornillo; por consecuencia, cuando da una vuelta completa avanza una cantidad igual al paso de la hélice; sobre la ranura está colocada una hoja de estaño muy fina. Encima del cilindro va una especie de bocina cuyo fondo es una lámina vibrante, debajo de ésta hay un tubo de caucho que se apoya sobre otra lámina metálica provista de un punzón y la punta de éste recorre la ranura del cilindro.

Cuando se habla delante de la bocina, teniendo

cuidado de hacer girar el manubrio uniformemente y de izquierda á derecha para que el cilindro avance, nuestra voz hará vibrar la placa del fondo, que transmitirá sus vibraciones al tubo de caucho y éste, á su vez, á la placa que lleva el punzón; estando el último en contacto con la lámina fina de estaño que cubre la ranura del cilindro, cada vez que se mueva dejará impresa en ella una señal de su movimiento, y por este medio conseguiremos que queden grabadas en el estaño las vibraciones comunicadas por nuestra voz al fondo de la bocina.

Levantemos ahora el punzón con el tubo y la bocina, mientras hacemos girar el manubrio de de-

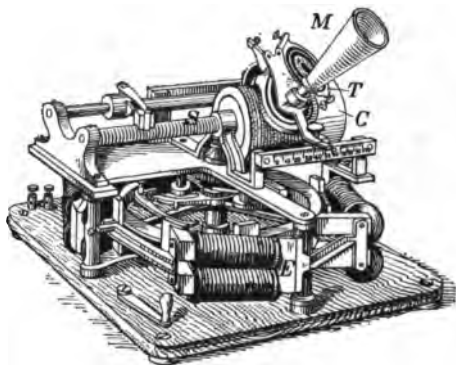


FIG. 51.—Nuevo fonógrafo. *S*, tornillo horizontal; *C*, cilindro cubierto de cera; *M*, bocina; *T*, lámina vibrante; *E*, motor eléctrico.

recha á izquierda hasta que el cilindro ocupe la posición que tenía cuando empezamos á hablar, y dejémoslo caer otra vez. Si después de esta operación hacemos girar al manubrio de izquierda á

derecha, veamos lo que sucederá; el grabado impreso en el estaño, al encontrarse con el punzón le imprimirá los mismos movimientos con que éste último produjo dicho grabado, á su vez el punzón por el intermedio del tubo de caucho comunicará las vibraciones al fondo de la bocina y ésta al aire, que repetirá nuestras palabras.

En los fonógrafos perfeccionados, la hoja de estaño se reemplaza por un cilindro cubierto de cera que se coloca en un núcleo ligeramente cónico y con su eje prolongado formando un tornillo, como el de los cilindros antiguos, siendo la longitud de su paso igual á un cuarto de milímetro; el movimiento de este tornillo se verifica por un motor eléctrico, con lo cual resulta muy uniforme.

92. **Teléfono.**—El teléfono es un aparato que sirve para transmitir la palabra de un punto á otro por medio de la electricidad (véase Fig. 53). El fundamento del teléfono es el siguiente: cuando se mueve un imán delante de una bobina ó carrete se producen en el hilo de ésta corrientes inducidas, que cambian de sentido según se acerca ó aleja el imán.

Consta el teléfono de dos partes principales llamadas *transmisor* y *receptor*.

Existen muchos sistemas de teléfonos, pero todos ellos pueden reducirse á dos tipos que son: el *teléfono magnético* y el *teléfono de pilas*.

*Teléfono de Bell.*—El tipo de teléfonos es el magnético de Bell. Consiste en un estuche de madera alargado y terminado en una especie de embudo; dentro del estuche existe un pedazo de hierro dulce sobre el cual se arrolla gran número de veces un alambre de cobre recubierto de seda, constituyendo una bobina ó carrete; de un lado de ésta se encuentra una barra imantada sujeta

con un tornillo, esta barra imanta por influencia el hierro de la bobina ó carrete: del otro lado se encuentra una lámina delgada de hierro dulce muy próxima al núcleo de la bobina, pero sin llegar á tocarlo aunque vibre; esta lámina se encuentra, por lo tanto, entre la bobina y el embudo. Los extremos del hilo de la bobina se unen á los hilos transmisores.

Supóngase que tenemos en la mano un aparato como el descrito anteriormente, y que á cierta distancia de nosotros se encuentra otro individuo con un aparato igual, estando ambos unidos por dos hilos; veamos lo que sucede cuando hablamos delante de la lámina de hierro dulce que está en el fondo del embudo. Nuestra voz hace vibrar al aire y éste transmite la vibración á la lámina, que acercándose y alejándose, alternativamente, del núcleo de la bobina, se imanta y desimanta produciendo en el hilo de ésta corrientes inducidas; estas corrientes transmitidas por los hilos de unión á la bobina del otro aparato, reproducen en la lámina del mismo las vibraciones que comunicamos á la primera, y las transmiten al aire; por consiguiente, si el individuo con quien queremos hablar coloca el oído en el embudo de su aparato, las vibraciones del aire le reproducirán nuestra palabra.

*Teléfono de pilas.*—En estos teléfonos no se produce la corriente inducida directamente, como en los anteriores, sino por medio de una pila, y las variaciones de intensidad de dicha corriente se consiguen por medio del *micrófono*.

93. **Micrófono Hughes.**—Si en un circuito recorrido por una corriente intercalamos un teléfono, como el anteriormente descrito, y dos planchas de carbón entre las cuales se coloca un lápiz también

de carbón y afilado en sus extremos, de modo que pueda moverse en los rebajos hechos en las planchas para colocarlo; cada vez que se modifique la presión entre los puntos de contacto del lápiz y las planchas, se modificará también la intensidad de la corriente y estas variaciones afectarán al teléfono que las reproducirá fielmente: en el micrófono de Hughes las dos planchas de

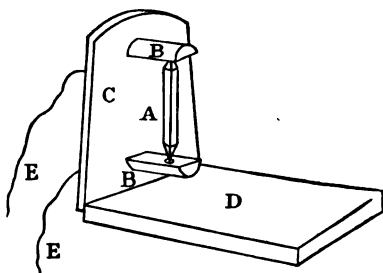


FIG. 52.—Micrófono.

carbón (*B B*) están fijadas horizontalmente sobre una de madera vertical (*C*), que á su vez se fija al extremo de otra horizontal (*D*); cada uno de los carbones está en contacto con uno de los extremos de los alambres *E E* que constituyen el circuito. Cuando en la plancha de madera horizontal se produce un movimiento, éste se comunica á la vertical que lo transmite á los carbones, modificando así el contacto entre éstos y el lápiz *A*, lo cual produce variaciones en la intensidad de la corriente, que son reproducidas por el teléfono. Este aparato es tan sensible que reproduce el ruido más insignificante, hasta el extremo de poderse oír en el teléfono el ruido de un insecto que volase cerca de la plancha horizontal.

94. **Transmisor Ader.**—El transmisor Ader es un micrófono múltiple compuesto de tres placas de carbón paralelas y equidistantes entre sí, provistas de agujeros; la placa que está en el medio tiene doce, seis por cada lado, y las otras dos tienen seis cada una y de un solo lado que es el que corresponde á la placa central: en estos agujeros entran los extremos de doce barritas de carbón, que serán paralelas entre sí y quedarán seis á la derecha y otras tantas á la izquierda de la placa central. Todo esto va sujeto á una hoja muy delgada de madera, que constituye la lámina vibrante; ésta va colocada sobre la caja que contiene la bobina. Se habla sobre la hoja de madera cuyas vibraciones se comunican al micrófono que funciona como el de Hughes.

95. **Aparato telefónico.**—Un aparato telefónico consta de un transmisor Ader con su pila y *bobina* ó cilindro de inducción, un timbre y otra pila para éste; además dos teléfonos, uno para cada oído. El transmisor Ader forma, como hemos dicho, la tapa de una caja donde está la bobina, viniendo á figurar todo ello un pupitre; á los dos lados de éste existen dos ganchos para colgar los teléfonos; el de la izquierda es una palanca que sirve para cerrar el circuito correspondiente al timbre ó el correspondiente á los teléfonos; de manera que cuando se cierra uno quede abierto el otro. Estando los teléfonos colgados se encuentra cerrado el circuito del timbre y por lo tanto si oprimimos un botón, que el pupitre tiene, haremos sonar el timbre de otro aparato análogo al nuestro en comunicación con él, y por este medio podemos avisar á la persona con quien deseamos hablar; cuando ésta haga sonar nuestro timbre, descolgaremos los teléfonos y los aplicaremos á nuestros

oídos: lo que se consigue con esta última operación es cerrar el circuito de los teléfonos y abrir

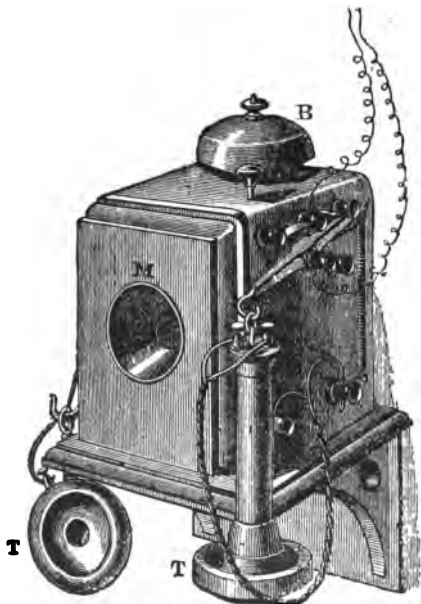


FIG. 53.—Teléfono. *M*, embudo para hablar; *T T*, tubos de teléfono para oír; *B*, timbre.

el del timbre, con lo cual funcionarán los primeros y no podrá funcionar el último.

96. **Cinematógrafo.**—Si mirando un objeto iluminado por una luz cualquiera, apagamos ésta, seguiremos viendo el objeto iluminado por espacio de  $\frac{1}{16}$  de segundo, lo mismo que si la luz continuase encendida; de manera que si el objeto estuviese alternativamente iluminado y en la obscuri-

dad, pero no durando en este segundo estado más de  $\frac{1}{40}$  de segundo, lo veríamos constantemente como si el foco de luz no hubiera tenido eclipse alguno; esto consiste en que la impresión producida por el objeto en nuestra retina dura  $\frac{1}{40}$  de segundo.

Ahora, si hacemos que el objeto cambie de lugar en el intervalo de tiempo que la luz está eclipsada, lo veremos como si estuviese moviéndose constantemente. En esto está fundada la *cinematografía* ó fotografía animada.

*Funcionamiento.*—Una banda pelicular, sobre la cual está fotografiada una serie sucesiva de imágenes de un objeto en movimiento, se hace pasar por delante de una pequeña ventana, cuyo centro corresponde al eje de un objetivo colocado delante. La ventana se ilumina con una linterna de proyección, apareciendo las imágenes, ampliadas por el objetivo, sobre una pantalla colocada delante de él; mientras dura el cambio de una fotografía por otra se intercepta la luz. El movimiento de la película fotografiada y los eclipses de luz, están calculados de manera que el cambio de una fotografía por otra no dure más de  $\frac{1}{40}$  de segundo.

Funcionando el aparato como acabamos de explicar, aparecerán proyectadas en la pantalla las distintas imágenes fotografiadas del objeto en movimiento, y como el cambio de una imagen por otra no dura más de  $\frac{1}{40}$  de segundo, durando el mismo tiempo los eclipses de luz; nuestra vista no puede percibir esos cambios, y recibe la misma impresión que si el objeto estuviese constantemente moviéndose en la pantalla y la luz no se eclipsase. De manera que si tuviésemos distintas imágenes sucesivas de una carga de caballería, por ejemplo, fotografiadas en la película, pu-



siéramos ésta en el cinematógrafo y lo hiciésemos funcionar, veríamos proyectada en la pantalla la misma carga con todos sus movimientos.

Para obtener las fotografías necesarias se emplea un aparato en el cual, por medio de un mecanismo apropiado, se hace pasar la película por delante del objetivo parándose á intervalos sucesivos é iguales, para ser impresionada por el objeto en movimiento; mientras la película pasa de una posición á la inmediata, un obturador intercepta la luz entre ella y el objetivo, de manera que no registra impresión alguna cuando está en movimiento y sí cuando está en reposo.

Para el buen funcionamiento del cinematógrafo se calcula la velocidad del movimiento de la película, de tal manera, que una banda de veinte metros de largo debe emplear, por término medio, de 40 á 50 segundos en pasar por delante del objetivo.

**97. Rayos Röntgen ó rayos X.**—Si en un tubo de vidrio, cerrado por sus extremos y que tenga en cada uno de éstos un trozo de hilo metálico en comunicación con el interior, se hace el vacío por medio de una potente máquina neumática, tendremos lo que se llama un *tubo de Crookes*. Si interponemos un tubo de esta clase en un circuito por el que cruce una corriente de gran tensión, ésta pasará por el tubo (el extremo del alambre por donde entra la corriente recibe el nombre de electrodo positivo y el otro extremo el de electrodo negativo; también reciben los nombres de ánodo y cátodo respectivamente); pero á causa del vacío hecho en éste, se producen fenómenos muy característicos; alrededor del electrodo negativo ó cátodo se forma un espacio oscuro y las paredes del tubo se iluminan con un color verdoso, sobre

todo en el extremo opuesto al electrodo negativo; parece que éste se convierte en un manantial de luz, de tal modo, que si se coloca un cuerpo sólido entre los dos electrodos aparecerá su sombra en el fondo opuesto del tubo, lo mismo que si hubiese una luz en el electrodo negativo. Estos rayos de luz, por emanar del electrodo negativo

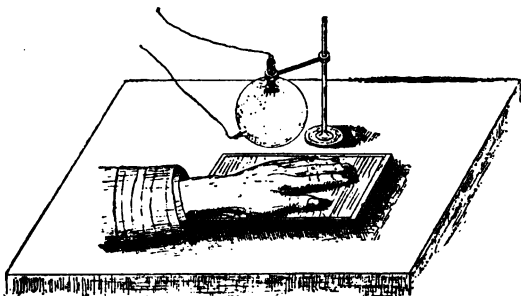


FIG. 54.—Fotografiando los huesos de la mano.

ó cátodo, han recibido el nombre de *rayos catódicos*, se propagan en línea recta y no pueden producirse sin la corriente eléctrica.

Röntgen descubrió que cuando los rayos catódicos chocan con un cuerpo sólido, éste produce otra clase de rayos que reciben el nombre de su descubridor y también el de *rayos X*. Estos rayos tienen la propiedad de atravesar todos los cuerpos con más ó menos facilidad, lo cual hace que sean utilizados para sacar fotografías ó ver directamente sobre una pantalla el esqueleto de una mano, de un brazo, de una pierna, etc., pues siendo el tejido muscular muy transparente para los rayos X y no siéndolo los huesos, solamente éstos aparecerán en la pantalla ó en la fotografía, y si

tienen alguna deformación ó algún cuerpo extraño incrustado, como una bala, por ejemplo, allí aparecerá.

Para la fotografía se emplean placas muy sensibles de gelatino bromuro argéntico envueltas en papel negro. Con objeto de que no sea necesaria



FIG. 55.—Fotografía de la mano, tomada por medio de los rayos X, mostrando cómo lo atraviesan todo, menos los huesos que aparecen en la plancha fotográfica.

ria una larga exposición, se emplean los tubos-focos en los cuales el cátodo está formado por un espejo esférico cóncavo y el ánodo por una lámina de platino colocada en el centro de esa super-

ficie esférica. Los rayos catódicos cayendo sobre el platino hacen que éste emita rayos X en todas direcciones, y en dirección muy oblicua, sobre todo, produce un haz muy intenso que reduce á pocos minutos, y aun á segundos el tiempo necesario de exposición.

Los compuestos metálicos del uranio, según los experimentos de Bécquerel, emiten rayos capaces de atravesar los cuerpos opacos, afectan la plancha fotográfica, se desvían por el imán y descargan un electrómetro. Se conocen con el nombre de "rayos de Bécquerel" ó *rayos urdnicos*. El *radium* ó *radio* y otros metales, tienen en mayor grado aún esas propiedades.

El *radio*, según se ha visto á principios del siglo XX, altera el funcionamiento de la máquina eléctrica y hasta lo suspende y produce energía eléctrica y una luz tan intensa, que cerrando los ojos en la obscuridad, se sigue viendo tan claro como si estuvieran abiertos, porque la luz es de potencia tan radiante, que atraviesa los párpados, lo mismo que muchos cuerpos opacos.

**98. Telegrafía sin hilos.**—Al hablar (pár. 48) del medio transmisor de las vibraciones moleculares de una bala candente, decíamos que este medio ambiente se llamaba éter y rodeaba todas las partículas de la bala. Este éter llena todos los espacios, y donde se cree que no existe nada, allí se encuentra él; se puede por medio de la máquina neumática, extraer el aire de una campana de cristal, y aunque parezca que en esa campana existe el vacío absoluto, estará sin embargo llena de éter.

Sabiendo ya que el éter ocupa todos los espacios, incluyendo los que existen entre las moléculas de los cuerpos, y que en éstos se encuentra á

la misma tensión que en la atmósfera; si por cualquier procedimiento logramos modificar esta tensión en un cuerpo, éste quedará electrizado; positivamente, si ponemos su éter á mayor tensión que el de la atmósfera que lo rodea; negativamente en caso contrario. Esto hará comprender bien por qué tienen tanta tendencia á unirse las electricidades de nombre contrario; un cuerpo electrizado positivamente tiene su éter á mayor tensión que la ordinaria, y por lo tanto con tendencia á escaparse de él, y si no lo hace es porque la atmósfera, sobre todo si está seca, es aisladora; pero si se acerca á ese cuerpo otro que esté electrizado negativamente, en cuanto se encuentren á distancia suficiente para que el éter pueda vencer la resistencia de la atmósfera que los separa, se precipitará como un torrente, del primer cuerpo al segundo, produciendo lo que se llama *chispa eléctrica*.

El éter tiene la propiedad de ser muy elástico ó, lo que es lo mismo, de transmitir con suma facilidad los golpes que recibe; si por un medio cualquiera pudieramos hacerlo vibrar, sus vibraciones se transmitirían, y podrían ser recogidas por un aparato capaz de señalar su presencia, á gran distancia del sitio en que fuesen producidas; éste es fundamento de la telegrafía sin hilos.

Cuando entre dos cuerpos salta la chispa eléctrica, ésta produce en el éter que la rodea un efecto igual al producido por una piedra que cae en la superficie del agua, es decir, que se forman ondas etéreas que se transmiten horizontalmente; pero para que dichas ondas puedan ser percibidas, es necesario que su longitud esté comprendida entre ciertos límites. El célebre Hertz fue el primero que consiguió producir las ondas etéreas

en estas condiciones y por eso reciben el nombre de *ondas hertzianas*. Para ello se valió de dos esferas de latón provistas de mangos aisladores, que pueden alejarse ó aproximarse á voluntad, y por un medio apropiado se mantiene una gran diferencia de tensión en el éter que contienen; un manipulador permite transmitir las ondulaciones de más ó menos duración. Esto constituye el transmisor.

El elemento principal del aparato receptor es un tubo de Branly. Está formado por un tubo de cristal lleno de limaduras metálicas y terminado por dos casquetes de metal en comunicación con ellas; las limaduras metálicas tienen la propiedad de ser malas conductoras de la electricidad, pero si cerca de ellas salta una chispa eléctrica, se hacen instantáneamente, conductoras; el mismo efecto que la chispa producen en ellas las ondas hertzianas. Para que las limaduras recobren su propiedad es suficiente dar un golpe en el tubo.

Por consiguiente, si en la estación receptora colocamos un tubo de Branly en el circuito de una pila eléctrica de poca potencia, y en comunicación con el hilo encargado de recoger las oscilaciones, sucederá lo siguiente: mientras no llegue oscilación ninguna, el tubo de Branly no dejará pasar la corriente de la pila, pero en el momento que aparezcan, se transformará el tubo en conductor y la corriente pasará. Haciendo que esta corriente, por medio de un electroimán, cierre el circuito de la batería necesaria para poner en acción un aparato Morse, y haga funcionar un martillo que golpeando sobre el tubo de Branly le devuelva su propiedad aisladora, tendremos establecido el telégrafo sin hilos. Esta

ingeniosa disposición del receptor es debida al italiano Marconi.

Con objeto de que las ondas hertzianas, que ya hemos dicho se transmiten horizontalmente, encuentren menos obstáculos y alcancen por lo tanto á mayor distancia, se colocan en las estaciones hilos verticales de 45 ó más metros de altura. Con esta disposición se ha logrado telegrafiar á más de 150 kilómetros y en condiciones muy favorables hasta doble distancia.

## COSAS QUE DEBEN RECORDARSE

Si se deja caer una piedra desde cierta altura, recorrerá 4.9 ( $4\frac{9}{10}$ ) metros en el primer segundo.—El acero es el más fuerte de todos los metales; el platino es el que más pesa; pero el oro es el más maleable.—El diamante es el cuerpo más duro que se conoce.—Un centímetro cúbico de agua pesa 1 gramo; un decímetro cúbico de dicho líquido pesa 1 kilogramo.—El aire, en igualdad de volumen, pesa 773 veces menos que el agua; luego, 1 decímetro cúbico, ó lo que es lo mismo, 1 litro, de aire pesa 1 gr.293; y 1 litro de hidrógeno, que es el gas más ligero de todos, pesa 0<sup>gr</sup>.09, esto es, unas 14 veces y media menos que el aire.—La presión de la atmósfera soportaría una columna de mercurio de 76 centímetros de altura, y una columna de agua de 10.33 metros de altura.—El sonido recorre el aire con una velocidad de más de 300 metros por segundo.—Si la cuerda de un instrumento musical vibra 50 veces en un segundo, emite una nota grave; si vibra 10,000 en el mismo tiempo, emite una nota aguda.—El calor necesario para fundir un kilogramo de hielo, elevaría un grado la temperatura de 70 kilogramos de agua. El calor requerido para evaporar un kilogramo de agua hirviendo, elevaría un grado la temperatura de 537 kilogramos de agua.—La luz recorre el espacio con una velocidad de unos 300,000 kilómetros por segundo.—La chispa eléctrica de una botella de Leyden no dura más que la veinticuatro milava parte de un segundo.





# ÍNDICE

CAP.		PÁG.
	NUEVAS CARTILLAS CIENTÍFICAS . . .	5
I.	INTRODUCCIÓN.	.
	1. Definición de la Física . . . .	9
	2. " del movimiento . . . .	10
	3. " de la fuerza . . . .	12
II.	FUERZAS PRINCIPALES DE LA NATURALEZA.	
	4. Definición de la gravedad . . . .	15
	5. " " cohesión . . . .	16
	6. " " atracción química . . . .	16
	7. Uso de esas fuerzas . . . .	17
III.	LA GRAVEDAD.	
	8. Centro de gravedad . . . .	18
	9. La balanza . . . .	20
IV.	LOS TRES ESTADOS DE LA MATERIA.	
	10. Observaciones generales . . . .	21
	11. Definición de los sólidos . . . .	22
	12. " " líquidos . . . .	23
	13. " " gases . . . .	23
V.	PROPIEDADES DE LOS SÓLIDOS.	
	14. Observaciones generales acerca de la cohesión . . . .	23
	15. Curvatura . . . .	25

CAP.	PÁG.
16. Resistencia de los materiales.	26
17. Frotación ó roce	26

## VI. PROPIEDADES DE LOS LÍQUIDOS.

18. Los líquidos conservan su volumen	27
19. Presión de los líquidos	27
20. Prensa de agua ó hidráulica	29
21. Los líquidos buscan su nivel	30
22. Nivel de agua	31
23. Presión del agua á distintas profundidades	31
24. Presión ó empuje de los líquidos	33
25. Cuerpos flotantes	35
26. Densidad relativa	36
27. Presión ó empuje de otros líquidos	37
28. Capilaridad	38

## VII. PROPIEDADES DE LOS GASES.

29. Presión del aire	39
30. Peso del aire	40
31. Barómetro	42
32. Usos del barómetro	44
33. Bomba de aire	45
34. Bomba de agua	47
35. Sifón	49

## VIII. CUERPOS EN MOVIMIENTO.

36. Energía	50
37. Trabajo	51
38. Trabajo hecho por un cuerpo en movimiento	52
39. Energía en reposo	53

## IX. CUERPOS VIBRANTES.

40. Sonido	54
41. ¿Qué es ruido y qué es música?	55
42. Efectos mecánicos del sonido	56
43. El sonido requiere aire que lo transmita	56

CAP.	PÁG.
44. ¿Cómo se mueve á través del aire?	57
45. Proporción de movimiento en el sonido	59
46. Ecos	59
47. ¿Cómo se halla el número de vibraciones que en un segundo corresponden á cualquiera nota?	61

## X. CUERPOS CALIENTES.

48. Naturaleza del calor	63
49. Dilatación de los cuerpos cuando se eleva su temperatura	65
50. Termómetro	66
51. Construcción de un termómetro	67
52. Dilatación de los sólidos	70
53. " " líquidos	71
54. Dilatación de los gases	71
55. Observaciones acerca de la dilatación	72
56. Calor específico	73
57. Cambio de estado	73
58. Calor latente del agua	76
59. " " vapor	76
60. Ebullición y evaporación	78
61. El punto de ebullición depende de la presión	79
62. Otros efectos del calor	81
63. Mezclas frigoríficas	82
64. Distribución del calor	83
65. Conducción del calor	84
66. Circulación del calor	86
67. Calor y luz radiantes	88
68. Velocidad de la luz	88
69. Reflexión de la luz: sus leyes	90
70. Desviación ó refracción de la luz	93
71. Lentes; imágenes que producen	95
72. Vidrios de aumento	97
73. Las distintas clases de luz se refractan de diferente modo	97
74. Recapitulación	100
75. Naturaleza del calor	101

CAP.	PÁG.
<b>XI. CUERPOS ELECTRIZADOS.</b>	
76. Cuerpos buenos y malos conductores .	103
77. Dos clases de electricidad . . . . .	104
78. Ambas electricidades existen combinadas en cuerpos no excitados . . . . .	105
79. Acción de los cuerpos electrizados ó exci- tados sobre los no excitados . . . . .	106
80. La chispa eléctrica . . . . .	108
81. Varios experimentos . . . . .	108
82. Efecto de las puntas . . . . .	110
83. Máquina eléctrica . . . . .	111
84. Botella de Leyden . . . . .	113
85. Energía de los cuerpos electrizados .	115
86. Corrientes eléctricas . . . . .	116
87. Batería de Grove . . . . .	117
88. Propiedades de la corriente eléctrica .	119
89. Telégrafo eléctrico . . . . .	122
90. Conclusión . . . . .	122
<b>XII. APLICACIONES MODERNAS DE LA FÍSICA.</b>	
91. Fonógrafo . . . . .	124
92. Teléfono Hughes . . . . .	126
93. Micrófono . . . . .	127
94. Transmisor Ader . . . . .	129
95. Aparato telefónico . . . . .	129
96. Cinematógrafo . . . . .	130
97. Rayos Röntgen ó rayos X . . . . .	132
98. Telegrafía sin hilos . . . . .	135
<b>COSAS QUE DEBEN RECORDARSE . . . . .</b>	<b>139</b>

46.

103

104

105

106

108

108

110

111

113

115

116

117

119

122

122

24

26

27

29

29

30

32

35

39



